XI Foro Latinoamericano de Educación

La construcción del pensamiento científico
y tecnológico en los niños de 3 a 8 años

Melina Furman

Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia

DOCUMENTO BÁSICO

FundaciónSantillana

XI Foro Latinoamericano de Educación

La construcción del pensamiento científico
y tecnológico en los niños de 3 a 8 años

Melina Furman

Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia

DOCUMENTO BÁSICO

Fundación**Santillana**

Furman, Melina
Educar mentes curiosas : la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia : documento básico, XI Foro Latinoamericano de Educación / Melina Furman. - 1a ed compendiada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Santillana, 2016.
88 p. ; 21 x 15 cm.

ISBN 978-950-46-5036-2

1. Formación Docente. 2. Ciencia y Tecnología. 3. Educación Inicial. I. Título.
CDD 371.1

Melina Furman: Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires y M.A. y Ph.D. en Educación en Ciencias por la Universidad de Columbia. Investigadora del CONICET, profesora de la Universidad de San Andrés y cofundadora de la Asociación Civil Expedición Ciencia, organización dedicada a la educación científica en contextos informales.

ISBN: 978-950-46-5036-2

© 2016, Melina Furman
© 2016, Fundación Santillana

Av. Leandro N. Alem 720 (C1001AAP)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
República Argentina

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en Argentina. *Printed in Argentina*
Primera edición: agosto de 2016.

A Ian y a Galo, mis hermosos descubridores de mundos.
A Fabio, ingeniero desarmista y constructor de felicidad.

ÍNDICE

	Introducción: enseñar a mirar el mundo con ojos científicos	7
I	De los pájaros y sus nombres: algunas definiciones	13
II	Científicos y tecnólogos desde la cuna	27
III	¿Cómo se enseña el pensamiento científico y tecnológico?	41
IV	Algunos ejemplos para inspirarse	75
	Bibliografía	81

Introducción: enseñar a mirar el mundo con ojos científicos

Sofía y Camilo, de cinco años, miraban con ojos chispeantes las botellas llenas de agua de color rojo que la maestra había puesto frente a sus ojos. La botella de la derecha tenía mucha agua, casi hasta arriba. La de la izquierda, muy poquita. La *seño* les dio un palito de madera a cada uno y los invitó a probar: "Toquen, ¿a ver cómo suenan?". Sofía y Camilo probaron tocar varias veces. "¿Notan alguna diferencia entre los sonidos que hacen las dos botellas?", preguntó la maestra. La botella con mucha agua, dijo Sofía muy confiada, sonaba bien gruesa. La otra, notó Camilo, hacía un sonido finito, finiiito.

La maestra los invitó a dar un paso más allá: "¿cómo podían armar una botella que produjera un sonido intermedio entre los otros dos, ni tan finito ni tan grueso?". Y les dio para probar sus ideas varias botellas vacías mientras ella, con una jarra, iba echando agua de color rojo a cada una, hasta la altura que los chicos indicaran.

Probando y probando, los alumnos fueron encontrando, con ayuda de la maestra, una regularidad: cuanta más agua tenía una botella, más grueso era el sonido que producía al tocarla ("más grave, como con voz de lobo", repasó la *seño* después). Y viceversa: cuanta menos agua tenía, más agudo era el sonido producido por la botella.

Después de un rato de probar, ensayar y volver a probar, a Sofía y Camilo se les ocurrió una idea nueva, que hizo que sus ojos les brillaran aún más: "¿y si armaban un xilofón de botellas?". Sin poder esperar, se pusieron manos a la obra. Trabajaron intensamente, con ayuda de la maestra y de otros compañeros, hasta que su xilofón estuvo listo y pudieron tocar el *Cumpleaños feliz*. En ese momento todos los chicos aplaudieron, orgullosísimos.[1]

1 Esta escena forma parte de la secuencia "Detectives del Sonido" del proyecto Prácticas inspiradoras en ciencias para el nivel inicial, de la Universidad de San Andrés, que implementamos en dos jardines de la provincia de Buenos Aires (pueden ver más información sobre el proyecto en el capítulo 4).

Este libro constituye el Documento Marco del XI Foro Latinoamericano de Educación, organizado por la Fundación Santillana, que en esta edición tiene por título "La construcción del pensamiento científico y tecnológico en los niños de 3 a 8 años". Y la infancia, justamente, es esa gran etapa de la vida en la que todo está por inventarse. Son años de ojos brillantes, de descubrimiento, de curiosidad a flor de piel. En palabras de la gran pedagoga canadiense Eleanor Duckworth,[2] es una etapa en la que brotan continuamente las "ideas maravillosas", como la de Sofía y Camilo cuando se les ocurrió armar el xilofón de botellas. Son esas ideas que, sin pedir permiso, de pronto aparecen y nos abren la puerta a mundos nuevos. Que seguramente no son nuevas para la humanidad, claro, pero sí para nosotros cuando las pensamos por primera vez. Que nos dan confianza en que somos capaces de crear, inventar, entender y transformar lo que sucede a nuestro alrededor. Que nos hacen sentir que el mundo está en nuestras manos. Esas ideas maravillosas nos dan la alegría de saber que somos protagonistas de un mundo en permanente construcción.

En estas páginas los invito a introducirnos en las investigaciones que revelan cómo se desarrolla el pensamiento científico y tecnológico a lo largo de los primeros años de vida, considerando especialmente la etapa que transcurre entre el nivel inicial y los primeros años de la escuela primaria. Pondremos el acento en cómo educar esa curiosidad que resulta tan evidente en los niños pequeños, para potenciarla a lo largo de la escolaridad y desarrollar, al mismo tiempo, hábitos del pensamiento cada vez más potentes, más organizados y más rigurosos.

En el capítulo 1 comenzaremos por algunas definiciones, buscando ponernos de acuerdo acerca de qué se trata (y por qué es importante) eso que llamamos pensamiento científico y tecnológico, especialmente considerando la etapa de la infancia.

2 Duckworth E. Cómo tener ideas maravillosas y otros ensayos sobre enseñar y aprender. Editorial Antonio Machado, 1994.

En el capítulo 2, partiendo de los aportes de la pedagogía, la didáctica, la psicología cognitiva y las neurociencias, nos preguntaremos cómo se desarrolla el pensamiento científico y tecnológico a lo largo de la infancia. Describiremos un camino que comienza en el momento mismo en que nacemos, que parte del deseo curioso e incontenible de comprender y transformar todo lo que vamos encontrando a nuestro paso. Discutiremos los resultados de investigaciones que muestran a las claras que los rudimentos del pensamiento científico y tecnológico ya están presentes desde que somos muy pequeños. Pero mostraremos también que, para que ese tipo de pensamiento se desarrolle en toda su potencialidad, hace falta un "otro" (¡u otros!) que nos oriente, desafíe y acompañe de cerca (y a lo largo del tiempo) en ese camino de aprendizaje.

En el capítulo 3 ahondaremos sobre las metodologías de enseñanza que nos ayudan a formar el pensamiento científico y tecnológico de los niños. Sabemos que hay ciertas maneras de trabajar con los chicos que favorecen el desarrollo de esa mirada curiosa y transformadora del mundo. También conocemos estrategias de enseñanza que favorecen el espíritu inventor. Como hizo la maestra de Camilo y Sofía, hablaremos de la necesidad de proponer preguntas y ofrecer espacios de desafío y exploración, acompañados de un andamiaje cercano que ayude a organizar lo aprendido en ideas y estrategias de pensamiento cada vez más potentes. Para ello propondremos un modelo para la acción, que sugiere contextualizar el aprendizaje, involucrar a los niños en prácticas auténticas de indagación y diseño, y ofrecer oportunidades para que hagan "visible" su pensamiento. Asimismo, discutiremos cómo las nuevas tecnologías (en especial la posibilidad de contar con computadoras y dispositivos programables de bajo costo) potencian la posibilidad de que los niños inventen, resuelvan problemas en grupo y diseñen soluciones.

Por último, en el capítulo 4, compartiremos algunos ejemplos de proyectos educativos para la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia, que se vienen llevando a cabo en distintas partes del mundo, como casos inspiradores que nos pueden dar pistas valiosas para orientar nuestras acciones.

Nuestra discusión se enmarca en el contexto más general de lo que se ha llamado, en los últimos años, Educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática (o STEM, por sus siglas en inglés). Se trata de un paradigma que pone el acento en la necesidad de una formación troncal (justamente, *stem* significa tronco o tallo) de niños y jóvenes en un mundo cada vez más permeado por la ciencia, la tecnología y sus posibilidades transformadoras. Se trata de un marco ambicioso y a veces difícil de hacer operativo en la práctica, pero que al mismo tiempo nos da un horizonte potente para seguir caminando.

El paradigma STEM destaca la importancia de articular los saberes en ciencias, tecnologías y matemática con una mirada "ingenieril" sobre el mundo, que parta de la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones creativas. Muy recientemente, algunos autores han agregado una letra A (de arte) a la sigla STEM, y en el mundo se habla de la formación STEAM (vapor en inglés), en la que se incluye la dimensión artística o de diseño en esos aprendizajes fundamentales que se espera que los alumnos construyan como parte de su formación ciudadana. La formación STEAM tiene en cuenta en particular las posibilidades que abren las nuevas tecnologías para la integración del diseño y de una mirada más artística del mundo a la creación colectiva de soluciones.

Escribo este libro desde mi propio recorrido como investigadora y educadora en el área de las ciencias naturales, e inspirada por el trabajo de numerosos colegas de todo el mundo que se han propuesto como meta que chicos y jóvenes aprendan, cada vez más, a mirar el mundo con ojos curiosos, preguntones, creativos y rigurosos.

Y escribo este libro convencida de la importancia estratégica que tiene para nuestras sociedades la construcción del pensamiento científico y tecnológico en las nuevas generaciones. En un mundo vertiginosamente cambiante y cada vez más incierto, creo que se trata de un tipo de pensamiento que nos empodera y da herramientas para estar mejor plantados a la hora de tomar decisiones. Que nos da libertad. Que

nos permite tomar parte activa en el diálogo democrático y responsable acerca de las problemáticas locales y globales que requieren acción colectiva y muchas veces urgente. Que nos da confianza en nuestra capacidad de entender y tomar las riendas de nuestros propios caminos.

Sin embargo, hay algo en la educación científica y tecnológica en la infancia que, al menos para mí, es profundamente más bello y fundamental: se trata de colocar las primeras piedras para la construcción de una mirada juguetona, fresca e intelectualmente honesta, de disfrute por el aprendizaje y placer por la creación personal y grupal, que se sostenga toda la vida.

Espero que este libro constituya un recurso útil para todos aquellos educadores, investigadores e interesados en la formación de los niños, que ojalá pueda aportarles ideas, preguntas y ejemplos que ayuden a mirar con nuevos ojos la práctica cotidiana y a imaginar nuevos caminos posibles.

Hacia allí vamos, entonces. ¡Ajústense los cinturones!

1

De los pájaros y sus nombres: algunas definiciones

¿Listos para comenzar? Empecemos, entonces, por el principio. Antes de preguntarnos por el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico en la primera infancia, necesitamos ponernos de acuerdo respecto de a qué nos referimos cuando mencionamos este tipo de pensamiento (¡y por qué es importante!).

Tal vez no haya definición más clara e inspiradora acerca de qué es el pensamiento científico que la que dio Richard Feynman, premio Nobel de Física y legendario docente, en una entrevista que le hizo la cadena BBC en 1981 para la serie *Horizontes*, llamada "El placer de descubrir las cosas".

Recordando su infancia, Feynman reflexionaba sobre lo mucho que aprendió sobre la ciencia durante los paseos por el bosque que daba con su padre:

> "Solíamos ir a las montañas Catskill, en Nueva York. Era un lugar al que la gente iba en verano. En los fines de semana, cuando mi padre venía, me llevaba a dar paseos por los bosques. Las otras madres pidieron a sus maridos que llevaran a sus hijos también. Un día, todos los chicos estaban jugando en el campo y uno me dice: '¿Ves ese pájaro? ¿Qué clase de ave es esa?' Yo le contesté: 'No tengo la menor idea'. Él me dijo: 'Es un tordo de garganta carmelita, no

es mucha la ciencia que te enseña tu padre'. Pero era al revés. Mi padre me había enseñado. Mirando un pájaro, él me diría: '¿Sabés qué pájaro es ese? Es un petirrojo del monte. Pero en portugués es *jontorapeiro*. En italiano, una *chunturapiquita*. En Alemania lo llaman *halzenfzugel* y en China, *chung ling*. Pero ahora que sabés, en todos los lenguajes que quieras, cuál es el nombre de ese pájaro, no sabrás absolutamente nada de nada sobre él. Sí lo sabrás sobre seres humanos, diferentes lugares y cómo llaman al pájaro. Ahora, miremos al pájaro y qué está haciendo'. Mi padre me había enseñado a notar cosas. Me decía, por ejemplo: 'Mirá, observá que el pájaro siempre pica sus plumas, las pica mucho, ¿qué creés que está picando en ellas?' Contesté que quizás estaban despeinadas y las trataba de peinar. Me dijo: 'bien, ¿cuándo y por qué se despeinarán las plumas?'. 'Cuando vuela, cuando camina no lo creo, se despeinarán mientras vuela', respondí. A esto me dijo: 'Suponés, entonces, que las picará más cuando acaba de aterrizar que cuando ya lleva un buen tiempo caminando por ahí. Bien, entonces, observá'. Las observaciones se convertían en una vivencia extraordinaria con un resultado maravilloso".[3]

En el relato de Feynman aparecen tres capacidades fundamentales del pensamiento científico:

- la de hacernos preguntas sobre cosas que no conocemos y nos resultan intrigantes (en este caso, ¿por qué el pájaro pica sus plumas?);

- la búsqueda imaginativa de posibles explicaciones (¿tendrá que ver con que están despeinadas y que quiere peinarlas?), y

- la planificación (también imaginativa) de maneras de responder esas preguntas que nos planteamos (observando si el pájaro se rascaba más al aterrizar que cuando ya había estado caminando un buen rato).

3 Este fragmento recopila, también, algunas frases de la conferencia *¿Qué es la ciencia?*, que Feynman ofreció para la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias de los Estados Unidos en 1966.

Feynman hace, también, una reflexión fundamental sobre la diferencia entre comprender las cosas (en este caso, conocer cómo es y entender cómo se comporta el pájaro) y simplemente saber cómo se llaman (¿era "jontorapeiro" o "chunturapiquita"?). Esta diferencia parecería obvia, pero no lo es. Uno de los grandes desafíos que encontramos aún hoy en la educación de las ciencias y la tecnología es lograr que la balanza deje de estar inclinada hacia la enseñanza de hechos y terminología. Como profundizaremos en el capítulo 3, dedicado al cómo de la enseñanza, el reto sigue siendo torcer la balanza hacia el otro lado: como hacía el padre de Feynman, hacia la posibilidad de que los niños vivencien en carne propia el proceso mismo de investigar el mundo.

Volviendo a las capacidades del pensamiento científico, el equipo liderado por Richard Duschl (2007), en un profundo análisis de la educación en ciencias desde el jardín de infantes, que lleva por título *Taking science to school* (llevar la ciencia a la escuela), identifica cuatro capacidades que considera fundamentales (verán que se solapan en parte con las que surgen del relato de Feynman):

- Conocer, usar e interpretar explicaciones científicas del mundo natural.
- Generar y evaluar evidencia y explicaciones científicas.
- Entender la naturaleza y el proceso de desarrollo del conocimiento científico.
- Participar productivamente en las prácticas y el discurso científico.

Detengámonos por un momento en este último punto, que destaca la naturaleza social del pensamiento científico, porque es especialmente importante. Pensar es algo que hacemos casi siempre en colaboración con otros, en el marco de nuestras metas y actividades cotidianas. Rara vez es algo que ocurre solo dentro de nuestras cabezas, como una actividad solitaria. Y lo mismo vale para el pensamiento científico (y, como veremos en un ratito, para el tecnológico también).

Desde la perspectiva teórica conocida como "cognición situada", que enfatiza que el pensamiento siempre sucede en contexto, pensar científicamente implica la capacidad de participar de una serie de prácticas culturales particulares de las ciencias, que conllevan modos propios de construir conocimiento, de comunicarlo, de debatir y de colaborar (Brown et al, 1989; Gellon et al, 2006). Esta visión del pensamiento como la capacidad de participar en prácticas auténticas, creo yo, es en particular valiosa, porque nos da pistas muy concretas para pensar sobre la enseñanza (pero por ahora no nos adelantemos, porque hablaremos de esto en el capítulo 3).

Personalmente, me gusta llamar "hábitos de la mente" a estas capacidades y prácticas, porque se trata de aprendizajes que se construyen de manera paulatina, que se van arraigando en nosotros y que, poco a poco, se conforman como una lente para ver y pensar sobre el mundo, como un hábito que nos constituye. Creo que la metáfora de la lente es en especial útil en este caso, porque de lo que se trata, justamente, es de aprender a ver el mundo desde cierta óptica que nos permita hacer visible lo invisible, creando e identificando patrones y conexiones que, sin esa lente, permanecerían escondidos para nosotros.

Un ejemplo claro de esa lente en acción, pensando en los niños pequeños, es el que plantean los *Cuadernos para el aula* elaborados por el Ministerio de Educación argentino (2006) como modo de orientar la enseñanza en los primeros años del nivel primario. Allí se afirma que aprender a mirar el mundo con ojos científicos implica generar nuevos modos de ver. Es "ver, en una manzana, todos los frutos, saber en qué se diferencia y en qué se parece a otros frutos y comprender el papel que desempeñan las semillas en la continuidad de la vida. Es 'ver' en una toalla secándose al sol el proceso de evaporación, saber cuáles son los factores que influyen en la rapidez del secado y anticipar en qué condiciones una prenda se secará más rápido" (p. 16).

Pero hay algo más: esa lente para ver el mundo tiene que ser consciente, no implícita. La psicóloga cognitiva Deanna Kuhn (2010), que ha dedicado buena parte de su carrera al estudio de la formación del pensamiento científico, habla de la importancia

de la metacognición (o la reflexión sobre nuestro propio proceso de pensamiento) como componente central del pensamiento científico. En otras palabras, no alcanza con saber cosas o demostrar capacidades. Pensar científicamente también implica ser conscientes de qué sabemos y cómo lo sabemos (por ejemplo, entender cómo llegamos a cierta conclusión, con qué evidencias, y para qué ideas aún no tenemos evidencias suficientes). Con los niños pequeños, el trabajo metacognitivo parece un desafío difícil. Sin embargo, como profundizaremos en el capítulo 3, es totalmente posible avanzar en este objetivo ofreciendo oportunidades a los chicos de hacer sus ideas visibles desde que son muy pequeños, con preguntas como: "¿en qué te fijaste para decir eso?", "¿cómo te diste cuenta?", que poco a poco se vuelvan parte de las rutinas habituales de la clase.

Finalmente, en los últimos años diversos estudios vienen señalando una dimensión importante del pensamiento científico que se consideraba escondida o directamente ignorada: la dimensión afectiva o socioemocional. En la edición dedicada a la "Educación en ciencias y afecto" de la revista *International Journal of Science Education*, los investigadores Aslop y Watts (2003) argumentaron que el pensamiento científico tiene que ver en gran medida con cuestiones que por lo general se asocian con lo puramente emocional, como el interés, la motivación, las actitudes, las creencias, la autoconfianza y la sensación de autoeficacia.

Entonces, podríamos redefinir al pensamiento científico como una manera de pararse ante el mundo, que combina componentes cognitivos y socioemocionales, como la apertura y la objetividad, la curiosidad y la capacidad de asombro, la flexibilidad y el escepticismo, y la capacidad de colaborar y crear con otros.

La educadora escocesa Wynne Harlen (2008), referente mundial en la enseñanza de las ciencias, hace una síntesis excelente de los componentes racionales y emocionales del pensamiento científico, que tomaremos como punto de partida para el resto del libro. En sus palabras, el pensamiento científico podría resumirse en:

- La capacidad de sostener y desarrollar la curiosidad y un sentido de la maravilla sobre el mundo que nos rodea.

- El acceso a modos de pensar y razonar basados en evidencia y razonamiento cuidadoso.

- La satisfacción de encontrar respuestas por uno mismo a preguntas por medio de la actividad mental y física propia.

- La flexibilidad en el pensamiento y el respeto por la evidencia.

- El deseo y la capacidad de seguir aprendiendo.

¿Y el pensamiento tecnológico?

Hasta aquí nos hemos referido fundamentalmente al pensamiento científico en la infancia como gran objetivo educativo. Pero aún nos resta mencionar el segundo foco de este libro, que es la formación del pensamiento tecnológico. Y, dado que ambos tipos de pensamiento son como "primos hermanos", con muchos aspectos en común pero también algunas diferencias importantes, les propongo definir al pensamiento tecnológico utilizando una mirada comparativa.

El pensamiento tecnológico comparte con el científico una mirada preguntona y curiosa acerca del mundo, la planificación de estrategias para responder preguntas, la búsqueda de evidencias, la creatividad y el pensamiento analítico, pero tiene una diferencia importante con él. En ciencias, de lo que se trata es de conocer cosas que no sabemos acerca de cómo funciona el mundo, de responder preguntas que nos dan intriga, de buscar respuestas para entender mejor lo que sucede. En tecnología, si bien esta mirada investigadora está presente, el objetivo principal no es comprender, sino resolver problemas (Mioduser, 2009).

En la niñez, estas dos miradas del mundo, científica y tecnológica (o "ingenieril"), convergen todo el tiempo. Las investigaciones muestran que los niños, cuando experimentan, muchas veces intentan producir un efecto o un resultado y ver si algo funciona, en lugar de testear una idea para ver si es correcta y comprender lo que sucede (Zimmermann, 2007). En general, los chicos experimentan más como ingenieros que como científicos. Pero ambos objetivos se entremezclan en forma continua, sin que sean del todo conscientes de ello.

Personalmente, creo que si bien desde el punto de vista epistemológico esta diferencia entre comprender lo que sucede y resolver problemas (es decir, entre ciencia y tecnología) es clara y central, y que vale la pena que los docentes la tengan presente, en lo que hace a la enseñanza de los niños pequeños no resulta indispensable. Por el contrario, como educadora, creo que los contextos de enseñanza ricos, que presentan desafíos y problemas auténticos, son centrales para que los niños desarrollen de manera integrada ambos tipos de pensamiento, el científico y el tecnológico. Y que, al menos en esta etapa de la escolaridad (el nivel inicial y el primer ciclo de la escuela primaria), no es un problema que estén "mezclados".

En las últimas décadas, la llegada de nuevas tecnologías de bajo costo y cada vez más accesibles a los niños, como las computadoras personales y otros dispositivos programables, abrió un terreno sumamente fértil para el desarrollo del pensamiento tecnológico (¡y científico!). Cada vez más, niños y docentes tienen a su alcance herramientas que pueden adaptarse a usos y funciones que, en principio, no parecerían tener límites. Seymour Papert, el padre del uso de las computadoras en la enseñanza, lo ponía en estos términos: "La esencia de las computadoras es su universalidad, su poder de simular. Porque pueden tomar 1.000 formas y servir para 1.000 funciones, tienen el potencial de interesar a 1.000 gustos distintos".

Así, en un trabajo fundacional de 1972, llamado "Veinte cosas para hacer con una computadora", Papert y su colega Cynthia Solomon ya proponían una variedad de proyectos educativos para niños basados en el uso de las computadoras personales.

Incluían la composición de música, el control de títeres y otros muñecos, la programación, la creación de películas, la elaboración de modelos matemáticos y un abanico de otros proyectos que, aún hoy, más de cuarenta años después, representan un horizonte a alcanzar (a veces, todavía lejano) para muchas escuelas.

Los educadores en tecnología suelen hablar de un concepto que considero central tanto para la educación científica como para la tecnológica: el de "tinkering", que, aunque no tiene una traducción única, en castellano significa "jugar, manipular, desarmar, hacer lío y tratar de arreglar". El mismo Papert le atribuía un rol clave en el desarrollo de su pensamiento a sus juegos infantiles con engranajes de automóviles. En un relato de 1980, contaba:

> "Me volví adepto a dar vuelta ruedas en mi cabeza y a buscar cadenas de causas y efectos: 'Esta gira para este lado, entonces debería girar a esta otra rueda, y así'. Siempre encontré un placer particular en esos sistemas de engranajes, que no siguen una cadena linear de causalidades, dado que el movimiento en el eje de transmisión puede distribuirse de muchas maneras diferentes en las dos ruedas en función de la resistencia que encuentran. Recuerdo de manera muy vívida mi emoción al descubrir que un sistema podía ser comprensible" (citado en Libow Martínez y Stager, 2013).

En su inspirador libro *Inventar para aprender: construir, desarmar, jugar y hacer ingeniería en el aula* los educadores Sylvia Libow Martínez y Gary Stager (2013) abogaron por la necesidad de que los niños aprendan haciendo. En sus palabras: "asombrosas herramientas nuevas, materiales y habilidades nos convierten a todos en *makers* (hacedores). Usar la tecnología para construir, reparar o adaptar los objetos que necesitamos acercan la ingeniería, el diseño y las ciencias de computación a las masas" (p. 122).

El movimiento *maker*, en este sentido, basado en la generación de espacios de exploración y colaboración al servicio de desarrollar invenciones o resolver problemas

utilizando la tecnología, da sustento a numerosas experiencias educativas, como ampliaremos en los capítulos 3 y 4. En todas estas iniciativas, la elaboración de productos funciona como vehículo para el desarrollo de la comprensión conceptual y el aprendizaje de capacidades. Se trata de propuestas que, a mi entender, siembran terrenos sumamente fértiles para el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico, considerando tanto su dimensión cognitiva como la emocional. Felizmente, cada vez más, aparecen dispositivos tecnológicos (incluso juguetes) y espacios de colaboración tanto presenciales como virtuales entre expertos y aficionados, que ayudan a abrir este camino. Como predicen Libow Martínez y Stager: "estamos frente a una revolución tecnológica y creativa que puede cambiarlo todo".

¿Y por qué es importante todo esto, eh?

A veces damos por sentado que hay que aprender cierta asignatura en la escuela (Ciencias, Historia, Música, cualquiera sea el ejemplo) como si fuera una verdad de la naturaleza. Sentimos que las cosas siempre han sido así en la educación, y pocas veces nos preguntamos acerca del sentido del aprendizaje de cierta área del conocimiento.

Sin embargo, creo que la pregunta acerca de la relevancia, del porqué, de cada una de las asignaturas que nuestros chicos estudian en la escuela, siempre tiene que estar vigente. Justamente, como relata George DeBoer (1991) en su *Historia de las ideas en educación en ciencias*, el estudio de las ciencias no entró al currículo escolar en el primer momento de la expansión de la educación secundaria sino más tarde, ya entrado el siglo XIX, en reemplazo del estudio de las letras clásicas (el Latín, el Griego y el estudio de las obras de la Antigüedad), cuando estas últimas ya no parecían ser el mejor camino para entrenar facultades mentales como la memoria o la lógica.

El argumento que se esgrimió en su momento para su reemplazo fue que, además de desarrollar estas capacidades básicas del pensamiento, el estudio de las

ciencias exactas y naturales proporcionaba a los ciudadanos conocimientos útiles para mantener la higiene y la salud, y conocer las nuevas invenciones del mundo moderno. Al mismo tiempo, los intelectuales de la época reclamaban que el mundo había cambiado de modos que requerían el desarrollo del pensamiento autónomo, y no la aceptación pasiva de la autoridad, y coincidían en que el aprendizaje de la ciencia era un camino privilegiado para lograrlo.

Este sentido fundacional cobra forma en dos de los porqués principales que actualmente se le atribuyen al aprendizaje de las ciencias y la tecnología en los lineamientos curriculares a nivel internacional. El primero es un porqué más colectivo, más orientado al bienestar social. El segundo, aunque relacionado con el anterior, está más vinculado al desarrollo individual.

Empecemos con el primero: el aprendizaje de las ciencias (y, podemos incluir, de la tecnología) para el bienestar social. No es novedad para nadie decir que, en las últimas décadas, se viene potenciando de un modo sin precedentes el impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico y social a nivel mundial (incluyendo, en muchos casos, sus impactos ambientales negativos). Al mismo tiempo, los avances en ciencia y tecnología también aparecen como una eventual plataforma para que ese desarrollo sea equitativo y sustentable, una meta global que en la actualidad parece bastante lejana.

De la mano de esta tendencia, se ha extendido un consenso internacional que propone que la educación científica y tecnológica es una prioridad para el desarrollo y el bienestar de las naciones y el planeta todo. Por ejemplo, en el marco de la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, organizada por el Consejo Internacional de la Ciencia y la UNESCO en 1999 (en general conocida como la Declaración de Budapest), los países promulgaron un acuerdo en el que establecieron que la educación científica es un imperativo estratégico. Ese consenso partía de una premisa: la participación plena en la sociedad actual requiere, cada vez más, que los ciudadanos tengan una formación que les permita

comprender y actuar sobre un mundo rápidamente cambiante y profundamente impregnado por la ciencia y la tecnología.

En esta línea, existe también un acuerdo cada vez mayor acerca del papel que desempeña la educación científica y tecnológica en la promoción de las llamadas "habilidades del siglo XXI", o aquellas capacidades relacionadas con la innovación, el aprendizaje continuo y el pensamiento crítico, que se proponen como fundamentales para participar en las sociedades actuales (Harlen, 2008).

Así, los especialistas y los diseños curriculares de muchos países, incluida la región iberoamericana, hablan de la llamada "alfabetización científica y tecnológica" como parte integral de la formación ciudadana para nuestro siglo, tomando como analogía las alfabetizaciones tradicionales (es decir, aprender a leer y escribir, y aprender matemática) (Gil y Vilches, 2004). Estar científicamente alfabetizado es indispensable para comprender, juzgar y tomar decisiones con respecto a cuestiones individuales y colectivas, así como participar de la vida comunitaria. Decidir sobre cuestiones ambientales o relacionadas con la salud, por citar solo los ejemplos más evidentes, exige una ciudadanía informada y conocedora de algunos aspectos básicos del mundo natural, que además pueda tomar en cuenta evidencias científicas y evaluar de manera responsable argumentos a favor y en contra de cierta postura.

Sin embargo, mi definición favorita de este primer porqué es mucho más sencilla. La dio el científico y divulgador de la ciencia Diego Golombek en el documento que acompañó al IV Foro Latinoamericano de Educación de la Fundación Santillana de 2008, dedicado justamente a la enseñanza de las ciencias. Allí Golombek decía, en pocas palabras, que el objetivo último de la enseñanza de la ciencia es "formar buenos ciudadanos y, por qué no, buena gente" (2008, p. 14). Así de simple.

Finalmente, dentro de este primer porqué del aprendizaje de las ciencias y la tecnología, más social y colectivo, hay otro factor que no mencionamos aún: la necesidad de formar vocaciones en ciencias, tecnología e ingeniería como aspecto central

en el desarrollo de economías basadas en el conocimiento. En muchos países del mundo las estadísticas muestran que la cantidad de estudiantes que eligen carreras STEM (relacionadas, como indicamos en la introducción, con las ciencias, la tecnología, la ingeniería y la matemática) está decreciendo en las últimas décadas (ver, por ejemplo, European Union, 2013). El desarrollo del pensamiento científico y tecnológico en la infancia tiene, entonces, como objetivo secundario (pero no por ello poco importante), despertar en niños (y luego en los jóvenes) vocaciones en las que las ciencias y la tecnología cumplan un papel protagónico.

El segundo porqué del aprendizaje de las ciencias y la tecnología en la infancia, aunque se relaciona con el primer porqué colectivo, tiene un foco más individual. Se trata de un porqué relacionado con el crecimiento personal. Volviendo a la introducción de este libro, personalmente parto de la convicción de que gran parte del sentido de la formación del pensamiento científico y tecnológico tiene que ver con el desarrollo de una actitud ante la vida, una manera de ver, entender y pararse frente al mundo que valore y potencie la curiosidad, la libertad de pensamiento, la honestidad intelectual y la posibilidad de colaborar y crear con otros creativamente.

Creo que la educación científica y tecnológica tiene la oportunidad (y el deber) de formar una mirada del mundo potente, propia, confiada, preguntona, libre de dogmatismos y fanatismos, que nos habilite para seguir aprendiendo y construyendo con otros durante toda la vida, para cualquier ámbito en el que nos desempeñemos, seamos, o no, científicos o tecnólogos. Se trata de una mirada que nos empodera para tener el rol de constructores de este mundo apasionante, complejo y maravilloso que tenemos enfrente. Y, por qué no, que nos da alas para ser protagonistas del futuro que queramos crear junto con otros.

¿Y por qué el foco en la primera infancia?

Antes de terminar este capítulo, nos queda una última pregunta por hacer. Este libro está dedicado a la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia,

desde el nivel inicial hasta los primeros años de la escuela primaria. ¿Por qué vale la pena considerar en particular esta etapa del trayecto educativo de los alumnos?

Como indicamos en la introducción de este libro, la infancia es una etapa clave, fundante, imprescindible en la experiencia educativa de los niños. Se trata de años que inciden con fuerza en la trayectoria que los chicos van a recorrer a lo largo de sus vidas. Seguramente coincidan conmigo en esta visión, porque, de manera intuitiva y desde nuestra experiencia personal y profesional, casi todos nosotros hemos visto en carne propia ejemplos que apoyan esta idea.

Al mismo tiempo, la investigación educativa avala con firmeza esta perspectiva sobre la importancia de los primeros años de escuela. El cuerpo de estudios más recientes sobre la educación inicial y la primera etapa del nivel primario muestra evidencias contundentes acerca de la influencia clave de esta etapa en la construcción de una trayectoria educativa (e incluso laboral) exitosa por parte de los chicos, sobre todo para los niños de contextos más desfavorecidos. Numerosas investigaciones, como las lideradas por Edward Melhuish (2011) en el Reino Unido, muestran que es probable que la mejor inversión que los países pueden hacer en términos educativos sea ampliar el acceso y fortalecer la experiencia educativa de los niños en los primeros años de escolaridad, en particular en el nivel inicial.

Así, estudios realizados en diversos países del mundo coinciden en que asistir al jardín de infantes se asocia con efectos positivos en los niños, tanto cognitivos como socioemocionales, que persisten a lo largo de los años, incluso hasta la vida adulta (Camilli et al, 2010; Sylva et al, 2010). En especial, se observa una fuerte relación entre la edad de comienzo del nivel inicial y el desempeño académico posterior de los alumnos. Por citar un ejemplo local, un estudio de Berlinski y col. (2006) realizado en la Argentina mostró que asistir a un año más de educación inicial mejoró en gran medida los desempeños de matemáticas y lenguaje de los niños cuando llegaron a 3.er grado, en comparación con chicos que no habían tenido ese año extra de escolaridad.

Pero hay algo más que, como educadores en ciencias y tecnología, nos toca bien de cerca. Más allá de su importancia sobre los aprendizajes en general, también sabemos que los primeros años de la vida escolar de un niño son esenciales para colocar las primeras piedras fundamentales de una mirada científica y tecnológica del mundo que se complejice y profundice en forma paulatina. De eso, justamente, hablaremos en el próximo capítulo. ¿Me acompañan?

II

Científicos y tecnólogos desde la cuna

¿Cómo se desarrolla el pensamiento científico y tecnológico a lo largo de la infancia? ¿Cuánto de ese pensamiento ya está presente en los primeros años de vida? ¿Y cuánto depende de la enseñanza? En este capítulo abordaremos estas y otras preguntas acerca de la formación del pensamiento científico y tecnológico en la niñez.

Analizaremos este proceso considerando los aportes de la pedagogía, la didáctica, la psicología cognitiva y las neurociencias. El análisis tiene el propósito de ofrecer un panorama claro y actualizado acerca de aquello que se conoce, buscando que pueda servir como insumo para pensar sobre la enseñanza.

Como veremos a continuación, una serie de estudios llevados a cabo en los últimos años muestran a las claras que algunos rudimentos del pensamiento científico ya están presentes desde que somos muy pequeños. Por eso, ciertos investigadores argumentaron que somos "científicos desde la cuna", apelando al entusiasmo y la curiosidad con los que tanto niños como los científicos profesionales abordan el mundo (Klhar et al, 2011). Y lo mismo podríamos decir sobre el pensamiento tecnológico, en especial porque, como ya mencionamos, esa mirada del mundo juguetona, preguntona, con ganas de entender pero también de desarmar y armar, de transformar, de probar y ver qué sucede, se da de manera integrada en la infancia.

Sin embargo, las investigaciones muestran también que, aunque los niños exhiben desde muy pequeños capacidades asociadas al pensamiento científico y tecnológico, estas no avanzan ni se profundizan sin una enseñanza que potencie en forma deliberada ese desarrollo. En esta línea, Deanna Kuhn (2012), que ha dedicado buena parte de su carrera a estudiar la formación del pensamiento científico, describe en su libro *Enseñar a pensar* cómo este tipo de pensamiento involucra un conjunto complejo de habilidades cognitivas, pero también metacognitivas (es decir, de reflexión y conciencia sobre el propio proceso de pensamiento), cuya consolidación requiere una considerable cantidad de ejercitación y práctica a lo largo de varios años.

En relación con el aprendizaje de la ciencia, en su libro *Sentido no común*, el físico Alan Cromer (1993) lo describe de manera contundente: la ciencia les pide a las personas "que vean las cosas como son, y no como ellos sienten o quieren que sean" (p. 18). En otras palabras, el pensamiento científico va más allá de nuestros modos habituales de entender el mundo (por eso lo de "sentido no común" del título de su obra), incluso "en contra de una pasión profundamente humana" que es la de explicar lo que vemos de acuerdo con nuestros deseos o creencias. Nuestras capacidades de pensamiento científico, argumenta Cromer, no se desarrollan en forma espontánea, sino que deben cultivarse con cuidado en el proceso de educación formal.

Así, el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico no es inevitable, ni se da naturalmente a medida que los niños crecen. Por el contrario, padres, docentes y adultos en general desempeñan un rol central en la promoción de la curiosidad de los niños y su persistencia, capturando su atención, orientando sus observaciones, estructurando sus experiencias, apoyando sus intentos de aprendizaje, acompañándolos en sus frustraciones, regulando la complejidad y la dificultad de las tareas y la información que les acercan, y ayudándolos a hacer conscientes sus ideas y procesos de pensamiento.

¿Científico se nace o se hace? El pensamiento en los primeros años de vida

¿Cuánto del pensamiento científico y tecnológico de un niño "viene de fábrica"? ¿Existen capacidades que aparecen de manera temprana? ¿De qué modos esas capacidades se desarrollan y enriquecen en interacción con el contexto? En respuesta a estas preguntas, las investigaciones recientes tienen mucho para decir.

Vayamos por un momento a los primeros años de vida de un niño. En palabras de la especialista en cognición infantil Alison Gopnik (2012), hace solo treinta años la idea de que niños de dos años pudieran pensar como científicos habría parecido absurda: "Jean Piaget, el gran pionero de los estudios en desarrollo cognitivo, argumentaba que el pensamiento preescolar era justamente lo opuesto al pensamiento científico. Los niños de esta edad eran irracionales, ilógicos, precausales, y limitados al aquí y al ahora" (p. 1623).

Estas ideas han permeado tanto en la política como en la práctica educativa. En un estudio de Kathleen Metz (1995) en el que recopila las visiones arraigadas en los currículos de ciencia acerca de las limitaciones del pensamiento de los niños pequeños, la investigadora encuentra tres visiones fundamentales: 1) Los niños piensan en términos concretos, no abstractos; 2) Los niños construyen significado fundamentalmente a partir de ordenar y clasificar objetos, pero no buscando explicaciones o relaciones entre ideas ni construyendo a partir de sus teorías intuitivas, y 3) Los niños no pueden usar la experimentación para desarrollar sus ideas.

Las investigaciones acerca del desarrollo cognitivo en la infancia, sin embargo, han mostrado que estas ideas son equivocadas. Hoy sabemos que los niños, desde muy pequeños, ya tienen teorías intuitivas sobre el mundo que los rodea. Se trata de representaciones estructuradas y causales sobre su entorno, y muchas veces abstractas, similares en muchos sentidos a las teorías científicas, en tanto buscan dar cuenta de sus observaciones sobre la realidad de manera coherente (Giordan y De Vecchi, 1995). Cuando llegan a la edad escolar, tienen un conocimiento muy rico (aunque algunas veces erróneo) de cómo funciona el mundo que los rodea.

Tampoco es cierto que los niños no usan la experimentación para desarrollar sus ideas ni que buscan explicaciones o relaciones causales. Como sabemos, el modo en que los niños van construyendo su conocimiento sobre el mundo es, mayormente, mediante el juego. Y, si miramos con atención, el juego infantil se parece mucho a la experimentación en ciencias y en tecnología. Las investigaciones muestran que el juego exploratorio infantil involucra un abordaje experimental, aunque intuitivo e implícito, de la realidad, en el que los niños experimentan, por prueba y error, los efectos de sus acciones y buscan evidencias que les permitan interpretar lo que sucede (ver, por ejemplo, Gopnik y Meltzoff, 1997).

Así, los estudios muestran que los niños aprenden haciendo predicciones y experimentando continuamente, haciendo inferencias sobre sus acciones y también sobre las acciones de otros. De esa manera, obtienen evidencia que los va ayudando a aprender, explorando relaciones causales y poniendo a prueba distintas ideas acerca de cómo funciona el mundo. Estos resultados, sostiene Gopnik, dan sustento empírico a la larga tradición en educación en ciencias llamada "enseñanza por indagación", de la que nos ocuparemos en detalle en el capítulo 3, que postula la importancia de involucrar a los niños en investigaciones y exploraciones acerca de los fenómenos de la naturaleza como modo de construir las bases del pensamiento científico, en tanto este enfoque didáctico va de la mano del modo en que espontáneamente comenzamos a explorar el mundo.

Pero no solo de experimentos vive el científico... Otro elemento clave del pensamiento científico es la capacidad de sacar conclusiones a partir de evidencias. Y, nuevamente, los estudios muestran que los rudimentos de esta capacidad ya están presentes desde edades muy tempranas.

Por ejemplo, las investigaciones del grupo de Laura Schulz en el Departamento de Neurociencia y Ciencia Cognitiva del MIT muestran que a los 15 meses los bebés ya muestran la capacidad de sacar conclusiones de la evidencia disponible. En uno de sus estudios (Gweon, Tenenbaum y Schulz, 2010), las investigadoras trabajaron

con cajas con pelotas de goma de distintos colores. En una de las cajas había gran cantidad de pelotas amarillas y muy poquitas azules. Los investigadores sacaron de la caja tres pelotas azules seguidas, y mostraron que las tres hacían ruido al apretarlas. Al sacar una cuarta pelota azul, los bebés quisieron apretarla, esperando que hiciera ruido como las otras. Pero cuando sacaron una amarilla, los bebés la ignoraron, asumiendo que las amarillas no producían ruido como las azules.

En otro estudio con bebés de la misma edad, Gweon y Shultz (2011) mostraron que los niños eran capaces de evaluar dos hipótesis alternativas a la luz de la evidencia disponible. En este caso, si el hecho de que un juguete no suene tiene que ver con que está roto o con un problema con la persona que aprieta el botón para que suene. Y que tomaron decisiones a partir de esa evidencia. Las investigadoras encontraron que si la evidencia apoya la primera hipótesis (el juguete parece estar roto), el bebé intenta agarrar otro. Pero si sustenta la segunda hipótesis (el problema parecía ser la persona que aprieta el objeto), el bebé le da el juguete a otra persona para que intente hacerlo sonar.

Yendo al pensamiento más tecnológico, Gopnik y sus colegas (2001) observaron que los niños de entre 2 y 4 años buscan patrones y regularidades que les permitan resolver un problema técnico, en este caso, que cierto dispositivo (llamado "detector Blickett") se encienda, ensayando soluciones alternativas. En este estudio, los investigadores programaron al detector para que encienda una luz y emita un sonido cuando los niños apoyaran sobre él una configuración determinada de bloques disponibles (por ejemplo, si ponían dos rojos abajo y uno amarillo arriba). Probando y aprendiendo de los resultados de la experiencia, los niños de esta edad suelen lograr resolver el problema en una cantidad relativamente acotada de intentos.

En esta línea, el grupo de David Mioduser (2009) viene analizando el desempeño de los niños en edad preescolar en el programa de educación tecnológica *Designing Minds* (mentes que diseñan) que se lleva a cabo en diferentes escuelas públicas israelíes. El programa se organiza alrededor de pilares como: el mundo diseñado

(incluida la exploración de los artefactos y sus usos), la resolución de problemas (apuntando a que los niños aprendan a planificar modos de resolver un desafío de manera cada vez más sistemática) y el diseño y la construcción de dispositivos que cumplan un fin determinado. Los investigadores observaron que los niños de jardín de infantes ya son capaces de participar en forma activa del proceso de planear, construir, proponer, inventar y colaborar en el diseño de soluciones, de manera cada vez más reflexiva y consciente a medida que avanzan en su escolaridad.

Las capacidades científicas y tecnológicas de los niños en edad escolar

Hasta ahora indicamos que los niños, desde bebés, despliegan rudimentos del pensamiento científico y tecnológico en sus intentos por aprender del mundo. ¿Pero qué sucede con estas capacidades a medida que los chicos crecen y entran a la escuela primaria?

Las investigaciones muestran que, sin una enseñanza que intencionalmente trate de desarrollarlas, estas primeras capacidades rudimentarias mejoran y se vuelven más complejas a medida que los niños crecen pero, como veremos más adelante, hasta llegar a un límite.

Por ejemplo, los chicos de seis y siete años ya pueden distinguir entre experimentos bien y mal diseñados para responder una pregunta, cuando se les presentan problemas simples. En un estudio de Sodian y col. (1991) con niños de 1.º y 2.º grados, los investigadores les contaron a los chicos una historia en la que dos hombres trataban de averiguar si el sentido del olfato de un oso hormiguero era "muy bueno" o "mediano". Para eso, tenían disponible comida muy olorosa y otra comida poco olorosa. Los niños debían decidir cuál de dos experimentos, relatados por los investigadores, era el mejor para saber el grado de eficiencia del sentido del olfato del oso hormiguero. En el primer experimento, los hombres probaban solamente la comida muy olorosa (es decir, hacían un experimento que no les permitía decidir si el sentido del olfato del oso hormiguero era mediano o muy bueno, porque en

cualquiera de los dos casos iba a poder oler la comida). En el segundo, probaban con comida poco olorosa (en este caso, el experimento sí sirve para discernir el nivel de eficiencia del olfato del oso hormiguero).

Los investigadores observaron que la mayoría de los niños de 1.er grado y prácticamente todos los de 2.º eligieron el experimento correcto (es decir, el segundo) y que muchos de ellos, además, podían dar argumentos apropiados sobre las razones detrás de su elección. Es más, algunos niños propusieron en forma espontánea experimentos nuevos para averiguar si el oso hormiguero tenía buen o mal sentido del olfato, como colocar la comida lejos y observar si percibía su olor. Así, los investigadores mostraron que los niños de estas edades son capaces de diferenciar experimentos que podían dar evidencias concluyentes para determinar si cierta hipótesis era válida, de aquellos que no las aportaban.

En el mismo estudio, los autores investigaron si los niños de 1.º y 2.º grados podían entender la diferencia entre hacer un experimento para responder una pregunta investigable (una capacidad científica fundamental) versus producir un efecto (es decir, "probar a ver qué pasa", una capacidad que hemos definido como "ingenieril"). Esta cuestión es importante, dado que, como mencionamos en el capítulo anterior, en la primera infancia ambos tipos de pensamiento suelen estar mezclados, y las observaciones muestran que los niños pequeños por lo general experimentan más como ingenieros (para producir un efecto) que como científicos (para comprender algo que no conocen).

Para averiguarlo, los investigadores les presentaron a los chicos otro cuento en el que dos hermanos debatían acerca del tamaño de un ratón en su casa. Un hermano decía que el ratón era pequeño, mientras que el otro afirmaba que era grande. Luego, se les presentaban a los niños dos cajas con diferentes agujeros de entrada, que contenían comida: una caja tenía un agujero pequeño, la otra presentaba un agujero grande. Los niños debían determinar qué caja usar para dos fines distintos: en el primer caso, averiguar el tamaño del ratón (es decir, para responder una

pregunta científica, en cuyo caso debían usar la caja con el orificio pequeño, para discriminar entre los dos tamaños). En el segundo caso, para alimentar al ratón (es decir, producir un efecto, en cuyo caso les convenía usar la caja con el agujero grande que les iba a servir seguro). Los investigadores encontraron que más de la mitad de los niños de primer grado y el 86% de los alumnos de segundo grado pudieron resolver la tarea correctamente y justificar sus elecciones.

Como ya expresamos, el pensamiento científico involucra un nivel de reflexión consciente sobre el proceso mismo de construcción de conocimiento, que los niños de esas edades en general aún no demuestran. Los chicos muchas veces son capaces de interpretar evidencias y revisar sus hipótesis, sí, pero no suelen ser conscientes de qué están haciendo o de las razones detrás de sus elecciones metodológicas cuando realizan una experiencia. En la niñez temprana, el proceso de coordinación de las teorías y las evidencias no suele ocurrir en un nivel de conocimiento consciente y control explícito aunque, como muestran Ardnt y Anijovich (2015), cuando desde la enseñanza se trabaja intencionalmente en esa coordinación, se pueden lograr grandes avances aun con niños de jardín de infantes.

En síntesis, lo que las investigaciones nos muestran es que, cuando los niños llegan al jardín de infantes y a los primeros años de la escuela primaria, traen consigo un conjunto de saberes y capacidades muy ricos, que brindan a los educadores una plataforma única para seguir avanzando en la construcción de la mirada científica del mundo.

Empezar temprano: el papel de la enseñanza

Presentábamos un punto de partida prometedor: los niños, desde que son muy pequeños, muestran capacidades e ideas acerca del mundo que podrían considerarse bases del pensamiento científico y tecnológico (a mí me gusta llamarlas "capacidades protocientíficas").

Sin embargo, las investigaciones también muestran con claridad que, para que esas capacidades se desarrollen en toda su potencialidad, hace falta que alguien (un

docente, una mamá o un papá, o un "otro" que cumpla la función de guía) nos desafíe y acompañe de cerca en ese camino de aprender a pensar. Decíamos que el pensamiento científico y tecnológico no se desarrolla de manera espontánea, que esas capacidades que observamos en la infancia tienen un techo. De hecho, tal vez la mayor evidencia al respecto es que buena parte de la población adulta no logra desarrollar por completo estas estrategias de pensamiento, incluso a pesar de haber atravesado muchos años de educación formal (Kuhn, 2012).

Así, los especialistas en la educación en ciencias en la infancia sostienen que la educación científica debería comenzar en los primeros años de escolaridad, incluido el jardín de infantes (Duschl et al, 2007; Eshach y Fried, 2005). En particular, resulta claro que las experiencias educativas tempranas de los niños tienen un profundo impacto en sus logros posteriores, tanto en términos de aprendizajes como de las actitudes que desarrollan hacia las distintas asignaturas (Sylva el al, 2010). Por citar solo un ejemplo, Kumtepe y col. (2009), analizando los datos del estudio longitudinal ECLS (*Early Childhood Longitudinal Study*) realizado en escuelas de los Estados Unidos, muestran que los niños que tuvieron experiencias de enseñanza de las ciencias naturales más ricas en el jardín de infantes tienen mejores desempeños académicos en ciencias en la primaria (considerando en este caso las evaluaciones en tercer grado).

La idea de comenzar temprano cobra sentido tanto cuando consideramos el aprendizaje conceptual (es decir, el de ideas científicas) como si se considera el aprendizaje de capacidades de pensamiento.

En relación con lo conceptual, investigaciones como las de Duit y Treagust (2003), y Giordan y De Vecchi (1995) revelan que las ideas de los niños están muy arraigadas en sus experiencias cotidianas, que naturalmente son útiles en el contexto cotidiano de los niños, pero que en muchos casos son incorrectas desde el punto de vista científico (por eso se las suele llamar "ideas ingenuas", "concepciones alternativas" o, en inglés, "*misconceptions*"). Por eso, argumentan, es importante

comenzar desde edades tempranas a desafiarlas y enriquecerlas, promoviendo que esas ideas intuitivas avancen hacia nuevos conocimientos.

Por ejemplo, los niños suelen ver los fenómenos desde un punto de vista centrado en los seres humanos. Así, es habitual que les atribuyan a los fenómenos naturales características humanas, como sentimientos o intenciones (como cuando dicen que "el Sol está cansado y por eso se fue a dormir" en el atardecer). Por otra parte, los niños suelen utilizar y atribuirle a un concepto diferentes y variados significados que muchas veces se contradicen con las ideas científicas. Por ejemplo, para algunos pequeños las plantas no son seres vivos porque no se mueven. Pero las nubes sí tienen vida porque aparentan movimiento.

Esto mismo se observa en las actividades de diseño de tecnología. En niños de jardín de infantes que aprendían a programar robots móviles, cuando los robots llevaban a cabo acciones complejas los niños explicaban esas acciones usando criterios psicológicos (es decir, a partir de las intenciones del robot, como si fuera un ser animado). En cambio, cuando las acciones eran muy básicas, podían explicarlas apelando a criterios ingenieriles (por ejemplo, describiendo cómo una instrucción determinada del programa había logrado que el robot hiciera cierto movimiento) (Levy y Mioduser, 2008).

Otra característica del pensamiento infantil es la atención enfocada en el cambio, que hace difícil que puedan reconocer sin ayuda patrones o cuestiones llamativas que se producen en situaciones estables. Así, cuando los niños observan gusanos de seda a lo largo del tiempo, les resulta sencillo notar los cambios que se presentan en su apariencia (cuando se transforman de larva a pupa y luego a mariposa). Sin embargo, tienen dificultades en notar que la cantidad de individuos en la población de gusanos de seda (considerando larvas, pupas y mariposas) permanece constante a lo largo de las semanas de observación (Cabe Trundle y Saçkes, 2015).

Las ideas de los niños son estables. Incluso después de la enseñanza formal, sus ideas ingenuas suelen convivir, a veces por mucho tiempo, con las científicas,

sin que estas últimas las reemplacen. Esto es así incluso aunque se les presenten evidencias en contra de estas ideas ingenuas con el fin de modificarlas. Los estudios muestran que, cuando los niños aprenden conceptos científicos (en especial si son antiintuitivos, como las teorías newtonianas sobre el movimiento, o algunos fenómenos astronómicos que requieren imaginar distintos cuerpos celestes, incluida la Tierra, en movimiento), los conceptos nuevos no siempre reemplazan a los anteriores. Más que un cambio conceptual, nuestras mentes mantienen vivas ambas teorías y las usan según el contexto (Harlen, 2008).

Comenzar la enseñanza de las ciencias desde edades tempranas implica, entonces, poder reconocer estas ideas intuitivas y los modos de interpretar el mundo de los niños, tomándolos como puntos de partida para desafiarlos a través de variadas experiencias que los enriquezcan. Esas experiencias deberán confrontarlos con evidencias y puntos de vista diferentes a los propios, desafiarlos a encontrar nuevas explicaciones y, en suma, ofrecerles múltiples oportunidades de hacer explícitas sus ideas y revisarlas a la luz de las nuevas evidencias e información, y en diálogo con las ideas de otros y las del docente u otras fuentes de información (Vosniadou, 1997). Así, esas ideas iniciales podrán evolucionar hasta acercarse a ideas científicas, que les sirvan a los niños como marcos conceptuales para entender y actuar sobre el mundo.

¿Y qué pasa con las capacidades "protocientíficas"?

Volviendo a los hábitos de la mente que conforman el pensamiento científico, los estudios dan cuenta de que, en ausencia de una enseñanza deliberada que ayude a desarrollarlas, esas "capacidades protocientíficas" tienen limitaciones importantes.

Por ejemplo, si bien describimos cómo los niños aprenden experimentando y poniendo a prueba sus ideas mediante experiencias y observaciones, los estudios muestran que el desempeño de los niños en actividades experimentales se caracteriza por la generación de experimentos no controlados o inválidos, y por ser poco sistemáticos en el registro de planes, datos y resultados (Duschl et al, 2007).

Por otra parte, si bien los niños de temprana edad tienen la capacidad de sacar conclusiones a partir de evidencia, las investigaciones muestran también que tienen un sesgo fuerte hacia interpretar las evidencias en función de sus teorías iniciales, y obtienen conclusiones basadas en evidencia incompleta o no concluyente, o ignoran directamente aquellos resultados que les parecen sorprendentes (Metz, 2004).

Ambas dificultades, si bien un poco menos pronunciadas, aparecen también en el pensamiento adulto, lo que revela que la evolución de estas capacidades tiene un techo que, en ausencia de la enseñanza, no se traspasa nunca (Kuhn, 2010).

En esta línea, Metz (1998) enfatiza el valor de brindarles a los niños oportunidades sostenidas de participación en prácticas científicas, poniendo el acento tanto en la experimentación como en el intercambio y la revisión de ideas, en el marco de la comunidad de aprendizaje del aula, como modo de potenciar y profundizar sus capacidades de pensamiento.

Añadiendo a esta perspectiva, como ya mencionamos, Kuhn (2012) sostiene la importancia crucial de acompañar a los alumnos en el desarrollo de los procesos metacognitivos, o de reflexión sobre el propio aprendizaje, con atención especial en la búsqueda de coherencia entre las evidencias o las observaciones y las explicaciones o teorías que se construyen a partir de ellos. Así, plantea que una parte importante del desarrollo del pensamiento científico tiene que ver con que los alumnos puedan hacer cada vez más conscientes tanto sus ideas como los caminos por los que llegaron a determinadas conclusiones, haciéndose "dueños" de su propio proceso como aprendices.

Finalmente, todos los estudios sobre la formación del pensamiento científico y tecnológico en los niños subrayan una dimensión crucial: el tiempo. Como expusimos, la construcción del pensamiento científico y tecnológico no se da de un día para el otro. Las investigaciones muestran que, cuando los niños participan de prácticas científicas y tecnológicas reflexivas durante un tiempo prolongado (desde

algunos meses hasta varios años, para el caso de capacidades más complejas), van mejorando sus estrategias de experimentación e interpretación y sus capacidades de diseño de procesos y artefactos (Metz, 1998; Mioduser, 2009). Con el tiempo, los niños comienzan a proponer preguntas para la investigación y problemas propios para resolver, buscan patrones y relaciones, y comienzan a proponer explicaciones. Expresado de otro modo, las capacidades científicas y tecnológicas se refinan y profundizan con el tiempo, en tanto los niños tengan oportunidades sostenidas de aprendizaje.

¿Pero qué características deben tener esas oportunidades de aprendizaje? ¿Qué tipo de actividades y propuestas de enseñanza favorecen la construcción del pensamiento científico y tecnológico en la infancia? ¿Cuál es el papel de los docentes en ese camino de aprendizaje? De eso, justamente, nos ocuparemos en el próximo capítulo.

III

¿Cómo se enseña el pensamiento científico y tecnológico?

En el capítulo anterior describimos cómo los niños, desde muy pequeños, ya muestran los primeros rudimentos del pensamiento científico y tecnológico. También subrayamos que, para que ese pensamiento se desarrolle y profundice, hace falta enseñarlo de manera intencional. Y dedicarle tiempo.

Hasta ahí, seguramente, estamos todos bastante de acuerdo. La pregunta que sigue es, entonces, por el cómo. ¿De qué modos se puede enseñar el pensamiento científico y el tecnológico en la infancia? ¿Qué tipo de experiencias de aprendizaje logran capitalizar la curiosidad y las capacidades de los chicos y llevarlas más allá, para potenciarlas hacia la construcción de ideas cada vez más complejas y hábitos de la mente cada vez más potentes? En este capítulo nos dedicaremos a pensar sobre ese cómo, desmenuzando sus distintas dimensiones, con el objetivo de sumar algunas pistas y aportes para que la meta de formar el pensamiento científico y tecnológico en los niños esté cada vez más cerca.

Jugar el juego completo

Uno de los autores que más me inspira para pensar en el cómo de la enseñanza es David Perkins, investigador de la Universidad de Harvard que, desde hace tiempo,

viene dándole vueltas al asunto de cómo lograr que la educación nos prepare para tener vidas plenas, con sentido, ricas en experiencias y en propósitos.

En su libro *Hacer que el aprendizaje sea completo*, Perkins (2009) relata la historia de cómo aprendió, de chico, a jugar al béisbol:

> "Recuerdo cómo mi papá me enseñó a batear en nuestro jardín. Me mostró cómo poner los pies, cómo sostener el bate, cómo no perder de vista la pelota. Y enseguida empezamos a jugar. Me acuerdo de los juegos que organizábamos en los jardines de mis amigos: pocos chicos, solo una o dos bases, a veces ni siquiera contando los puntos, solo jugando por el placer de jugar" (p. 2).

En ese relato, Perkins describe cómo aprender a jugar al béisbol fue siempre placentero porque, desde el vamos, empezó jugando versiones reducidas, más simples del juego (él las llama "versiones *junior*"), con bajo nivel de dificultad (por ejemplo, con menos jugadores, o menos cantidad de bases) pero que nunca perdieron el sentido del juego entero. Aunque nunca llegó a niveles de excelencia en ese deporte, ni mucho menos, el investigador reflexiona cómo ese abordaje que partía de versiones completas y auténticas, aunque simplificadas, fue fundamental en su aprendizaje, porque desde el vamos le permitió jugar y disfrutar del juego, sin perder nunca de vista el porqué de cada acción, de cada movimiento, del sentido general de lo que estaba haciendo.

Cuando leí por primera vez este relato, sentí que la analogía me interpelaba profundamente. A menudo, la enseñanza de las ciencias naturales (en especial a medida que los alumnos crecen) adolece de lo que Perkins diagnostica como epidemia de "elementitis", es decir, la enseñanza de conocimientos fragmentados que nunca terminan de tener un sentido completo, como si fueran las partes de un rompecabezas que nunca se junta y que los alumnos deberán descubrir más adelante, si es que eso alguna vez termina sucediendo. La otra epidemia que describe Perkins es la de "sobre-itis", es decir, de aprender sobre el rompecabezas, describiendo sus piezas al detalle, pero sin haberlo tocado ni tratado de armar jamás.

En las clases de Ciencias naturales, por ejemplo, los chicos suelen estudiar con muchísimo detalle sobre las partes y funciones del cuerpo humano (en un claro caso de "elementitis"), pero sin terminar de entender cómo trabajan juntas y cómo se refleja ese funcionamiento integrado del organismo en nuestra vida cotidiana. O aprenden sobre los distintos componentes del "método científico", como las preguntas, las hipótesis y las conclusiones (la "sobre-itis"), pero pocas veces viven en carne propia el placer que conlleva diseñar y llevar a cabo una investigación junto con otros.

En las clases de tecnología, los chicos suelen aprender sobre las características y los usos de distintos artefactos tecnológicos, de manera descriptiva (otro ejemplo de "sobre-itis"). Pero pocas veces tienen la oportunidad de diseñar un objeto para resolver un desafío o cumplir cierta función, atravesando el proceso creativo y analítico que conllevan las idas y vueltas de planificación, puesta a prueba, rediseño y mejora que forman parte de cualquier situación de diseño auténtica. Tampoco suelen tener la oportunidad de desarmar aparatos que cumplan una determinada función para tratar de entender cómo funcionan, o (ayudados por las nuevas tecnologías) enfrentarse al desafío de lograr que un dispositivo programable (como un robot) cumpla una serie de instrucciones que deciden proponerle.

Por el contrario, la propuesta de enseñar a jugar "el juego completo" desde el inicio, a partir de prácticas auténticas en versiones más simples, implica que quien aprende pueda tener claro desde el vamos el sentido del proceso en el que está embarcado. Le da a toda la empresa de aprendizaje un sentido claro. Y tiene la belleza de que la pregunta por el sentido (el archiconocido "¿por qué tengo que aprender esto?") se responde sola, genuinamente, en tanto los chicos nunca dejan de tener la visión global de lo que están haciendo y aprendiendo. En palabras de Perkins: "Puede que no lo hagas bien, pero al menos sabés qué estás haciendo y por qué" (p. 9).

En algunas asignaturas, como las artes y los deportes, esto parece ser más sencillo, más intuitivo. No hay tanta epidemia de "elementitis" ni "sobre-itis". En general,

uno empieza dibujando, actuando, tocando un instrumento o jugando un deporte desde el vamos, aunque sea de manera muy rudimentaria. ¿Pero qué forma toma este "juego completo" en las ciencias naturales y la tecnología?

Como en todas las otras áreas, en ciencias y tecnología, creo que enseñar a jugar el juego completo se basa en ofrecer, a los chicos, oportunidades de participación en las prácticas auténticas de cada disciplina. Por ejemplo, en ciencias naturales, se tratará de que los niños puedan participar en investigaciones y exploraciones sobre fenómenos del mundo natural que puedan resultarles intrigantes, tanto sobre preguntas propuestas por el docente como respecto de las propias. En tecnología, se tratará de que los alumnos se enfrenten a un problema a resolver para el cual deban diseñar o mejorar algún artefacto tecnológico, recorriendo en forma colaborativa el proceso de planificación y revisión asociado a toda creación tecnológica.

La participación en prácticas auténticas de cada disciplina se enmarca en la línea teórica conocida como constructivismo sociocultural. Esta perspectiva, que parte del trabajo fundacional de Lev Vygotsky y de muchos otros investigadores, como Jerome Bruner, David Ausubel, Ann Brown y Jean Lave y Etienne Wenger, enfatiza la importancia crucial del contexto y la interacción con el otro, en particular por medio del lenguaje, en todo proceso de aprendizaje. Así, subraya la necesidad de que los aprendices participen de comunidades de aprendizaje en las que se trabaje sobre problemas auténticos, que tengan sentido para ellos, de la mano de un "otro" más experimentado (el docente) que planifique y organice ese espacio de trabajo, marque el rumbo, guíe para sortear las etapas difíciles y ayude a sistematizar lo aprendido.

Por supuesto, en un comienzo esas investigaciones, exploraciones y problemas a resolver serán simples, acotados y se resolverán con una guía muy cercana por parte del docente. Luego, poco a poco, se irán complejizando y requerirán mayores niveles de autonomía por parte de los alumnos. Pero lo importante, lo irrenunciable diría yo, será que el sentido del "juego completo", nunca se pierda.

Comenzar de ese modo ayuda a que, a medida que vamos creciendo, podamos ir incorporando esta manera de pensar y actuar sobre el mundo (esta lente a la que nos referíamos en el primer capítulo de este libro) a la vida real, fuera de la escuela, como parte de nuestra "caja de herramientas", ese repertorio de saberes que llevamos con nosotros a donde vayamos.

En el nivel inicial y el primer ciclo del nivel primario felizmente las *elementitis* y *sobre-itis* que criticaba Perkins no están tan instaladas. En muchos países, en estas edades las ciencias naturales se enseñan de la mano de otras áreas, como las ciencias sociales o la tecnología, buscando que los niños construyan una mirada integrada y curiosa sobre el contexto que los rodea (en distintos países estas áreas integradas suelen recibir nombres como "conocimiento del mundo" o "estudios ambientales"). En particular, en el nivel inicial, muchos docentes trabajan organizando la enseñanza por proyectos, que por lo general proponen un abordaje vivencial y en profundidad de los temas en estudio.

Aquí nuevamente contamos con un punto de partida privilegiado para la formación del pensamiento científico y tecnológico, en tanto la participación de los niños en prácticas auténticas va de la mano con la tradición educativa del nivel inicial y, aunque un poco menos marcada, del primer ciclo de la escuela primaria. Como enfatizan García y Domínguez (2012), el mundo en el que viven los niños "no está sectorizado", y (¡como buenos seres humanos!) los chicos conciben el mundo de manera integrada, como lo hacemos nosotros. Felizmente, creo yo, esto se refleja en el abordaje más interdisciplinar que suele tener la educación en los primeros años.

Así, muchos documentos curriculares proponen que los docentes seleccionen temas de trabajo que ofrezcan a los niños ambientes que promuevan la exploración en contexto. En los *Cuadernos para el Aula* (2016) elaborados por el Ministerio de Educación en la Argentina como apoyo a los docentes del nivel inicial, por ejemplo, se subraya la importancia de que los docentes diseñen situaciones de enseñanza

"contextualizadas, imaginando su inicio partiendo de aspectos que puedan resultar más cercanos o atractivos para los alumnos, planteándolos como problemas, desafíos o preguntas que interpelen a los chicos sobre el funcionamiento del mundo, poniéndolos en situación de buscar respuestas y elaborar explicaciones" (p. 23).

Sin embargo, el desafío en estas exploraciones conjuntas de más de un área (por lo general, las ciencias sociales y las naturales) y en el trabajo por proyectos suele ser no perder de vista los modos de conocer y las ideas propias de las ciencias naturales, y lograr trabajarlos en profundidad. Particularmente, las investigaciones muestran que la falta de familiaridad y confianza de los docentes con los contenidos propios de las ciencias naturales, muchas veces hacen que estos temas queden "desdibujados" en el marco de proyectos más amplios, que se dejen para después o incluso que directamente no se trabajen en esta etapa de la trayectoria escolar de los niños (Erden y Sönmez, 2011; Sackes, 2014).

Por eso, sabemos que el camino para instalar en los jardines y las escuelas una enseñanza contextualizada, con sentido, pero que al mismo tiempo permita que los niños avancen en sus ideas intuitivas y desarrollen las capacidades asociadas al pensamiento científico y tecnológico, requiere acompañar a los docentes en su propio acercamiento a las ciencias naturales y la tecnología y sus didácticas. En esta línea, Appleton (2003) destaca la necesidad de aportar modelos de buenas prácticas y ejemplos concretos de cómo luce la enseñanza de las ciencias naturales para niños pequeños, para que estas comiencen a formar parte integral de las experiencias educativas que los chicos reciben en la escuela.

Un modelo para la acción

Hasta aquí, espero haberlos convencido de la importancia de animarse a jugar con los niños el "juego completo" de las ciencias y la tecnología (en versiones simplificadas) desde que son pequeños, por medio del trabajo con prácticas auténticas de investigación y exploración de fenómenos, y del diseño y la resolución de problemas

tecnológicos. Si coincidimos en esa mirada general, el paso siguiente será describir en mayor profundidad las distintas dimensiones que conlleva esa mirada, desmenuzando juntos el cómo de la enseñanza.

Partimos de una mirada optimista del asunto: la primera (¡y excelente!) buena noticia es que, a grandes rasgos, sabemos cómo hacerlo. En otras palabras, desde la comunidad educativa y académica contamos con múltiples evidencias de qué tipo de prácticas dan buenos resultados para lograr el objetivo de formar el pensamiento científico y tecnológico en los niños. No tenemos que reinventar la rueda. Y eso no es poco.

La segunda buena noticia es que este consenso sobre qué hacer y cómo llevarlo a cabo está plasmado en los lineamientos curriculares de la mayoría de los países del mundo. Expresado de otro modo, los programas de estudio del nivel inicial y los primeros años del nivel primario suelen coincidir en qué se espera que aprendan los niños en el área de las ciencias y la tecnología, y sugieren caminos bastante similares para conseguirlo.

Sabemos que la buena enseñanza parte de la conformación de un espacio seguro (intelectual, físico y emocional) y enriquecedor, en el que los niños puedan aprender. Considerando específicamente los aprendizajes en ciencias naturales y tecnología, tanto los especialistas como los currículos coinciden en la importancia de una enseñanza que sitúe a los alumnos en un rol intelectualmente activo, como protagonistas y no meros espectadores, que les permita comprender y apropiarse del ambiente mediante la participación en exploraciones y actividades de resolución de problemas y desafíos de la mano de un docente que propone, entusiasma, guía, marca el rumbo, escucha, repregunta y ayuda a organizar y pasar en limpio lo aprendido.

Veamos cómo formulan este consenso los currículos de algunos países. Por ejemplo, el Marco de la Educación en los Primeros Años del Reino Unido (2014) propone como objetivo educativo: "Guiar a los niños para entender y construir sentido

sobre el mundo físico y sus comunidades a partir de oportunidades de exploración, observación e investigación sobre la gente, los lugares, la tecnología y el ambiente. [...] Proveer oportunidades y aliento para que los niños compartan sus ideas, pensamientos y sentimientos a través de una variedad de actividades que incluyan [...] el diseño y la tecnología" (p. 8).

Para ello, enfatiza tres dimensiones de la enseñanza en la infancia:

- Juego y exploración: los alumnos investigan y experimentan sobre situaciones y objetos, y tienen un rol activo y un interés personal en lo que hacen.

- Aprendizaje activo: los niños se concentran y siguen intentando si encuentran dificultades, y disfrutan de sus logros.

- Creación y pensamiento crítico: los niños expresan y desarrollan sus propias ideas, hacen conexiones entre ideas y desarrollan estrategias para hacer cosas.

Por su parte, los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para el primer ciclo de la educación primaria en la Argentina (2004) sostienen que la escuela debería ofrecer a los niños situaciones de aprendizaje que fomenten "la actitud de curiosidad y el hábito de hacerse preguntas y anticipar respuestas", y para ello proponen "la realización de observaciones, el registro en diferentes formatos (gráficos, escritos, audio) y la comunicación", "la realización de exploraciones sistemáticas guiadas por el maestro [...] donde mencionen detalles observados, formulen comparaciones entre dos o más objetos, den sus propias explicaciones sobre un fenómeno [...] para comparar sus resultados e incluso confrontarlos con los de otros compañeros" con el objetivo final de "la utilización de estos saberes y habilidades en la resolución de problemas cotidianos significativos para contribuir al logro de una progresiva autonomía en el plano personal y social" (p. 31).

Como tercer ejemplo, de los muchos existentes, el currículo de Ciencias de Singapur afirma que la escuela debe "nutrir a los alumnos como indagadores". Para ello,

proponen capitalizar y potenciar el espíritu curioso de los niños, y sostienen que "el objetivo final es formar alumnos que disfruten y valoren la ciencia como una herramienta importante para ayudarlos a explorar el mundo natural y físico". En pos de esa meta, afirman que el docente debe ser el líder del proceso de indagación en el aula: "Los docentes imparten el entusiasmo y el valor de la ciencia a sus estudiantes. Son facilitadores y deben ser modelos del proceso de indagación en sus aulas. El maestro crea un entorno de aprendizaje que va a entusiasmar y a desafiar a los alumnos para desarrollar su propio sentido de qué implica investigar en ciencias" (p. 2).

Por último, y poniendo ahora el foco en el desarrollo del pensamiento tecnológico, el currículum de Chile para la asignatura de tecnología (2012) describe esta disciplina como "el resultado del conocimiento, la imaginación, la rigurosidad y la creatividad de las personas, que permite resolver problemas y satisfacer necesidades humanas mediante la producción, la distribución y el uso de bienes y servicios. Cada objeto o producto que nos rodea representa una solución efectiva, resultante de un proceso de diseño y prueba empírica, y responde a la cultura y las necesidades de nuestra sociedad" (p. 32). En este marco, uno de los ejes de la asignatura es "Diseñar, hacer y probar". Para ello, se propone que los alumnos de los primeros años de escolaridad trabajen en "la resolución de problemas, el pensamiento creativo, la observación y el análisis" aplicándolos a "necesidades, deseos y oportunidades concretas y cercanas, en particular en el contexto cotidiano del alumno y su comunidad". Así, sostienen, "abordar los problemas tecnológicos cotidianos, y que estos sean significativos para los alumnos, es el impulso inicial para el emprendimiento, la innovación y la creatividad".

Como muestran los ejemplos anteriores, felizmente existe una mirada compartida por los distintos países (y avalada por la investigación educativa) acerca de las características de la "buena enseñanza" de las disciplinas científicas y tecnológicas (lo que, al comienzo de este libro, enmarcamos en la formación en STEM o STEAM de los niños). Como ya mencioné (¡pero vale la pena insistir en esto!), creo que este consenso, que además está plasmado en los documentos curriculares oficiales de los distintos países, nos ofrece un maravilloso punto de partida para que esta visión

se convierta en realidad en todas y cada una de las aulas del nivel inicial y los primeros años de la escuela primaria.

Les propongo, entonces, un modelo de "buenas prácticas" para representar esta mirada común en un esquema que nos sirva para la acción, es decir, para organizar la enseñanza y el desarrollo de recursos (propuestas didácticas, materiales de apoyo, etc.) que la acompañen. El modelo tiene tres componentes:

- la contextualización del aprendizaje;
- la participación en prácticas auténticas (de indagación y diseño), y
- la necesidad de ofrecer espacios de intercambio y reflexión para hacer al pensamiento visible.

En lo que sigue del capítulo, vamos a profundizar en cada uno de estos componentes del modelo y describir cómo se relacionan entre ellos. Para eso, los voy a invitar a sumarse a uno de mis pasatiempos favoritos como investigadora: asomarnos (en este caso, imaginariamente) al aula.

Espiando por la ventana

¿Se animan a espiar por la ventana de dos aulas, para tratar de entender cómo se puede plasmar en la práctica el modelo que propusimos de buenas prácticas en la formación del pensamiento científico y tecnológico de los niños? Vengan conmigo, escuchen atentos, ¡y no hagan ruido!

La primera escena está adaptada de un trabajo que llevamos a cabo con Susan De Angelis en el marco de una investigación sobre la enseñanza de las Ciencias naturales

en el nivel inicial.[4] Se trata de una unidad para niños de 5 años llamada "El mundo de los hongos", que se implementó en jardines de infantes de la provincia de Buenos Aires (Furman y De Angelis, 2015):

La naranja olvidada

Claudia, la maestra, les contó a los chicos que se había dejado olvidada una naranja en la sala, debajo de un armario, y que la encontró por casualidad después de varios días. Se las mostró, y entre todos vieron que estaba llena de manchas verdes y blancas. "¿Qué serían esas manchas tan raras?", preguntó la *seño*. "¿Las habían visto en alguna parte?" Algunos poquitos dijeron que sí, que habían visto comida que se "había puesto fea" en sus casas cuando la dejaban afuera de la heladera, y que tenía manchas parecidas a esas. Ninguno de los chicos sabía qué eran ni cómo habían llegado hasta ahí, aunque algunos propusieron que podía tratarse de manchas de pintura o de pegamento. Tampoco estaban del todo seguros de para qué servía la heladera. Es más: la gran mayoría pensaba que la heladera era un lugar para guardar cosas, como si fuera un armario. "Ponemos la comida en la heladera para que nadie la agarre", dijo Martina, una de las alumnas.

Entonces, la maestra les propuso investigar sobre esas manchas tan misteriosas: ¿Y si dejaban otras naranjas por unos días, a ver si aparecían las mismas manchas? ¿Sería que las manchas tenían que ver con dejar las frutas afuera de la heladera? ¿Cómo podían averiguarlo? Decidieron entonces poner algunas naranjas afuera de la heladera, y otras adentro, para ver si pasaban cosas distintas y si la heladera tenía algo que ver.

Claudia siguió preguntando: ¿aparecerían las manchas en cualquier comida, o solo con las naranjas? ¿Qué podían hacer para averiguar eso? Eligieron entre todos armar platos para poner las naranjas junto con otros tipos de comida, como pedacitos de manzana, de queso y de pan. Julia, una de las nenas, propuso agregar algo que no fuera comida, para averiguar si ahí también iban a aparecer manchas. Eligieron una tapita de gaseosa de plástico.

La maestra les propuso a los chicos que se organizaran. Armaron platos todos iguales, que tuvieran las mismas cosas. A algunos iban a ponerlos en la heladera, y a otros afuera,

4 El proyecto formó parte de una investigación realizada para INTEL sobre el uso de *tablets* en el nivel inicial, con foco en el aprendizaje de las Ciencias naturales.

para ver si las manchas aparecían también cuando la comida quedaba adentro de la heladera.

¿Y cómo iban a hacer para acordarse de cómo iba cambiando lo que había en cada plato?, preguntó la *seño*. Los chicos propusieron que podían dibujar y sacar fotos. La maestra les repartió entonces unas hojas que tenía preparadas, con unos cuadros para que pudieran registrar qué les iba pasando a los platos de adentro y afuera de la heladera a medida que pasaban los días. Aprovecharon entonces para dibujar cómo eran los platos y su contenido antes de arrancar la investigación. También sacaron fotos usando dispositivos como cámaras y *tablets*, que complementaron sus registros en papel.

Los chicos trabajaron durante tres semanas en el proyecto, con entusiasmo. Cada tres o cuatro días, iban a mirar qué había pasado con los platos de adentro y afuera de la heladera, y dibujaban los cambios que iban notando. Al principio no pasaba mucho, pero al cabo de unos días en la comida que estaba fuera de la heladera aparecieron las primeras manchas blancas, negras y verdes. Los chicos notaron que no apareció ninguna mancha en la tapita de gaseosa. Y vieron que la comida se iba ablandando a medida que aparecían las manchas. En la comida que estaba adentro de la heladera, sin embargo, no se observaban cambios.

Los chicos también notaron que las manchas se iban agrandando, que crecían. Entonces la maestra les propuso un desafío: ¿cómo podíamos darnos cuenta de cuánto crecían las manchas? Entre todos, fueron encontrando distintas maneras: medirlas con un hilo y marcar en ese hilo hasta dónde llegaban las manchas cada vez, usar una regla, medirlas con la mano. A lo largo de las semanas, los chicos con ayuda de la *seño* fueron midiendo el crecimiento de las manchas, y registrando con dibujos y en algunos casos con palabras todos los cambios que notaban en el contenido de los platos. La maestra iba organizando la discusión, orientando la mirada de los chicos para que pudieran identificar qué cambios iban apareciendo en sus muestras, y no perder de vista el objetivo de comparar las que habían quedado adentro y afuera de la heladera.

Además de sus observaciones en el jardín, la maestra les propuso a los chicos que observaran en sus casas si aparecían frutas u otros alimentos con manchas como las que habían visto en la naranja. También, les propuso que entrevistaran a sus familias y luego compartieran con todos los chicos lo que habían averiguado. Para eso, pensaron entre todos algunas preguntas para hacerles a los padres: ¿Alguna vez habían visto manchas en la comida? ¿Cómo eran? ¿Dónde las observaron? ¿Qué hicieron y por qué?

Después de las tres semanas, no quedaban dudas de que las manchas (¡y ya eran muchas!) habían aparecido solamente en la comida que estaba afuera de la heladera. Entonces,

Claudia ayudó a los chicos a retomar sus registros y pasar en limpio lo que habían aprendido de la experiencia: esas manchas aparecían solamente en la comida que estaba afuera de la heladera, pero no en la tapita de plástico, eran de varios colores (negro, blanco, verde), crecían y aparentemente ablandaban la comida.

La maestra llevó a los chicos un paso más allá, y les contó que esas manchas que habían observado eran seres vivos (como los animales o las plantas) y que se llamaban hongos. Como todos los seres vivos, explicó, los hongos crecían y vivían mejor en ciertos ambientes. "¿En qué lugar les parece que viven mejor los hongos, de lo que observamos en nuestra investigación: en lugares fríos o no tan fríos?", preguntó la *seño*. Los chicos coincidieron en que los lugares fríos no eran buenos para los hongos, porque no habían aparecido manchas en la comida que quedó dentro de la heladera. Discutieron entonces para qué poníamos los alimentos adentro de la heladera. Ahora los chicos coincidieron en que lo hacíamos "para que los hongos no vinieran, porque no les gustaba vivir ahí". La maestra también les contó que esos hongos, como todos los seres vivos, necesitaban alimentarse. Y que se alimentaban de la comida, y que por eso la iban ablandando y esa comida se iba "achicando".

La maestra aprovechó entonces para mostrarles unas fotos y un video de los hongos creciendo sobre la fruta, y les contó que esos hongos, llamados "mohos", crecían en muchos lugares, y que tenían distintos colores.

Como cierre del proyecto, la maestra les propuso a los chicos armar una presentación para los chicos de sala de 4, contando lo que habían hecho y aprendido en su experiencia sobre los hongos. Entre todos, se pusieron de acuerdo en qué contarles a los nenes más chiquitos y discutieron qué fotos y dibujos mostrarles. Decidieron armar una película, aprovechando las imágenes que habían recolectado. Con ayuda de la maestra, elaboraron un guion y se filmaron contando lo que habían aprendido. Finalmente, llegó el día de la presentación. Los chicos fueron orgullosísimos a presentar lo que habían investigado. La experiencia fue muy emocionante, tanto para los "grandes" de sala de 5 que presentaban como para los "chiquitos" de 4, que los escucharon absortos.

¿Quieren más? ¡Los invito entonces a espiar de nuevo! La segunda escena está recreada a partir de una propuesta de clase implementada con chicos del 1.er ciclo de una escuela primaria de la Provincia de Buenos Aires descripta en los *Cuadernos para el Aula*, elaborados por el Ministerio de Educación de la Argentina (2007):

El desafío de lograr sacar el candado del frasco

Fernando, el docente de Tecnología, reunió a los chicos de primer grado y les propuso un desafío: "Tengo este pequeño candado dentro de este frasco" (sacó el frasco de cuello alto, y mostró que el candado está adentro). "Ustedes, en grupos, van a tener que pensar y construir una herramienta que permita sacar el candado de adentro. ¡Pero atención, que hay algunas cosas que no valen! 1) No vale mover el frasco ni meter la mano adentro de él; 2) No vale dar vuelta el frasco, y 3) Para sacar el candado, hay que subirlo desde el fondo y recién ahí sacarlo. ¿Se animan a resolverlo?".

Antes de organizar a los chicos en grupos, el maestro dio la consigna de trabajo: "Lo primero que tienen que hacer es pensar qué herramienta van a construir. No tienen que construirla ahora, simplemente conversen cómo sería, y dibújenla así después usan el dibujo para explicarnos lo que pensaron".

El clima del aula comenzó a ser efervescente. Se escuchaba a los chicos discutiendo animadamente. Lo primero que se le ocurrió a la mayoría fue construir algo que funcionara como extensión de sus brazos (un palito, un alambre largo). En la puesta en común, Fernando les hizo notar que, si bien ese instrumento les permitiría llegar al fondo del frasco, no les serviría para agarrar el candado sin que se cayera. Algunos grupos sugirieron que una alternativa posible era agregarle al palito algo que sirviera de gancho.

El maestro pasó en limpio las conclusiones hasta el momento: para que cumpliera el objetivo, la herramienta que diseñen debía tener al menos dos partes: una que permitiera llegar al fondo del frasco (un "extensor"), y otra que sirviera para agarrar el candado (un "atrapador"). Cada parte debía tener sus características propias, de acuerdo con la función que tenía que cumplir. Según cómo fuera el extensor, amplió el docente, era posible que hubiera que pensar también en una tercera parte de la herramienta: un mango, o algo que permitiera sostenerla.

Para promover la aparición de ideas entre los alumnos para diseñar el "atrapador", el docente trajo imágenes en las que se mostraban elementos como palas, ganchos, imanes o pinzas. Los chicos conversaron acerca de cómo funcionaba cada uno de esos elementos, y discutieron cuál o cuáles de ellos podrían ser útiles para la herramienta que estaban diseñando.

Ahora, Fernando repartió un conjunto de materiales a los grupos: cartón, hilo, sorbetes, pegamento, ganchos mariposa, imanes, banditas elásticas y cucharas descartables. Con ellos (u otros materiales que tuvieran a mano) cada grupo debía diseñar su propia herramienta para resolver el desafío, planificando cómo construiría cada una de las partes para que cumpliera su función específica. Antes de comenzar con la construcción, los

chicos tuvieron que dibujar individualmente en sus cuadernos la herramienta completa, tal como la imaginaban. Luego, el docente ayudó a los grupos a organizarse, asignando diferentes roles y tareas a cada uno de los integrantes.

Una vez que los grupos terminaron sus diseños y construcciones, el docente organizó el momento de probar las herramientas. Entre todos, conversaron sobre cómo se darían cuenta de si la herramienta funcionaba. Rita, una de las alumnas, propuso como criterio que había que fijarse si la herramienta lograba sacar el candado del frasco sin que se cayera. Jorge, otro de los chicos, agregó un criterio más: la mejor herramienta sería la que sacara el candado del frasco más rápido.

Los chicos planificaron cómo iban a medir el tiempo en el que la herramienta sacaba el candado del frasco, y se decidieron por usar un cronómetro. Uno de los alumnos fue el encargado de medir el tiempo, otro de anotarlo, y cada grupo pasó a hacer la prueba con su herramienta.

Algunas de las herramientas pasaron la prueba y sacaron el gancho, aunque con dificultad. Otras no cumplieron la misión y el gancho se cayó. Fernando, el maestro, les propuso analizar qué aspectos de las herramientas no funcionaron bien y se podrían mejorar. Los chicos fueron proponiendo sugerencias para mejorar las herramientas de los otros grupos. Cada grupo tuvo, entonces, una nueva instancia para revisar y rediseñar sus herramientas a partir de lo que observaron y de las sugerencias que recibieron. En ese proceso, el docente les pidió que volvieran a representar la herramienta, ahora en la versión mejorada, en sus carpetas, modificando sus dibujos anteriores o haciendo otros nuevos.

Al final de todo, los chicos probaron sus herramientas mejoradas. Ahora, la mayoría pudo resolver sin problemas el desafío. A algunos pocos grupos todavía su herramienta no les funcionó del todo bien, y se llevaron la tarea de mejorarla para la clase siguiente. Como cierre, el docente les propuso reflexionar acerca del proceso que habían llevado a cabo para resolver el desafío, tanto dentro de cada grupo como en la comunidad de la clase completa. Para ello, propuso una serie de preguntas: ¿qué decisiones tuvieron que tomar para diseñar la herramienta? ¿Qué aspectos del diseño fueron más difíciles, y por qué? ¿Cuáles les resultaron más sencillos? ¿Hubo momentos en los que no estaban de acuerdo dentro del grupo? ¿Cómo resolvieron esas diferencias? ¿Qué cambiarían si tuvieran que hacerlo otra vez, y por qué?

Volvamos, entonces, al objetivo de este capítulo, en el que nos preguntábamos por el cómo de la enseñanza. A partir de las dos escenas de clase anteriores, les propongo desmenuzar el modelo para la formación del pensamiento

científico y tecnológico en los niños que presenté antes, profundizando en cada una de sus dimensiones.

Dimensión 1: aprendizaje contextualizado

Retomando la idea del "juego completo", en el que la visión global de lo que estamos haciendo y el sentido del aprendizaje están siempre presentes, el primer componente del modelo enfatiza la importancia de ofrecerles, a los niños, situaciones de aprendizaje contextualizadas. En otras palabras, requiere planificar la enseñanza anclada en contextos (casos, problemas, situaciones, etc.) que hagan visible el sentido de ese aprendizaje en la vida real (retomando lo expresado por Perkins, se trata de propuestas que eviten la "elementitis" de estudiar conceptos aislados, sin conexión con un todo que les dé sentido).

Como proponen las especialistas en educación de las ciencias en el nivel inicial Verónica Kaufmann y Adriana Serulnicov (2000), se trata de transformar el ambiente en objeto de indagación, es decir, constituirlo en un espacio de promoción de nuevos aprendizajes, buscando vínculos con lo cotidiano y lo conocido como punto de partida pero ayudando a los chicos a ir más allá, extendiendo lo que conocen. Así, vale la pena que la selección de contenidos se oriente de modo de ofrecer a los niños la posibilidad de descubrir aspectos de un contexto que no conocían o que conocían parcialmente, mirándolo con nuevos ojos. Como ejemplo, las autoras describen trabajar el contexto conocido de la plaza pero mirándolo con nuevos ojos:

> "Una propuesta que apunte a 'descubrir' que en la plaza viven diversos animales, que algunos viven en lugares en los cuales hay sol y otros solo lo hacen en zonas más oscuras y húmedas, que en diferentes momentos del año habitan diferentes animales en las plazas, que algunos de ellos se alimentan de ciertas plantas de la plaza, etc., es una invitación a una mirada distinta de este espacio que suele resultar familiar a los alumnos" (p. 23).

Aquí vale la pena hacer una salvedad. La perspectiva de centrar la enseñanza en los estudiantes y darles un rol protagónico muchas veces parece implicar que la selección de contenidos y contextos debería responder a "los intereses de los niños". En mi trabajo en las escuelas y los jardines de infantes, muchas veces suelo escuchar esta postura, que supone que la enseñanza debería planificarse a partir de lo que los niños ya están interesados en aprender. Personalmente, creo que debemos tener cuidado con esta mirada, que sobreestima la importancia de los intereses previos de los niños como motor para la planificación de la enseñanza.

Por supuesto que la motivación de los alumnos es un factor fundamental en todo proceso de aprendizaje. De eso no hay dudas. El desafío que tenemos como docentes es, sin embargo, generar esa motivación y movilizar el interés de los chicos hacia temas, casos y problemas que les permitan ampliar su mundo de conocimiento, para ayudarlos a mirar lo singular e interesante de cada contexto. En palabras de Kaufmann y Serulnicov: "Enseñar, en alguna medida, es el arte de provocar interés en aquello que pretendemos enseñar".

Veamos cómo se plasma esta idea de ofrecerles a los niños situaciones de aprendizaje contextualizadas en las dos escenas de aula que espiamos por la ventana.

En el primer ejemplo, la docente plantea un interrogante a partir de una situación de la vida real (en este caso, ficcionada pero verosímil, cuando les cuenta a los chicos que se dejó olvidada la naranja por muchos días). Ese problema (el de comprender qué son esas manchas y si tienen algo que ver con haber dejado la naranja fuera de la heladera) es el punto de partida para una exploración sistemática sobre los hongos como seres vivos. La docente contextualiza el problema en la vida cotidiana de los niños, conversa con ellos acerca de si alguna vez observaron en sus casas manchas parecidas y sobre la función de la heladera, y les propone que consulten con sus familias. De esta manera los estimula a prestar atención a un fenómeno que, aunque suele ser cotidiano en las casas, la mayoría de los chicos no había observado antes. Así, la docente pone especial énfasis en que las observaciones de

los niños a lo largo de las semanas que duró el proyecto estuvieran siempre ancladas en ese problema inicial, al servicio de entender qué pasó con la naranja "olvidada" y de darle un nuevo sentido a una práctica cotidiana como la de poner la comida en la heladera.

En el segundo ejemplo, el docente trae una situación problemática al aula (el frasco con el candado adentro que hay que sacar) y la plantea como un desafío. En este caso, el problema en sí actúa como situación contextualizada, en tanto el sentido del aprendizaje se hace visible cuando los niños se enfrentan a una situación concreta, cuya resolución exige un trabajo colaborativo y una puesta a prueba real en la que analizan si sus diseños funcionaron. Como describe la investigadora Wynne Harlen (2008), una característica relevante del pensamiento infantil en esta etapa es la necesidad de llevar a cabo acciones concretas para ver su resultado, en lugar de solo pensarlas. En este caso, el docente elige presentar un problema "de carne y hueso" (¡o de vidrio y metal!), en lugar de relatarlo, y de ese modo ayuda a que el sentido de resolver la tarea resulte aún más visible para los chicos, porque hay un objetivo claro y real que lograr.

Dimensión 2: prácticas auténticas: indagación y diseño

Siempre en el marco de situaciones contextualizadas, el componente que sigue del modelo se relaciona con ofrecer a los niños la oportunidad de participar en las prácticas auténticas de cada disciplina (naturalmente, como ya enfatizamos, en sus versiones escolares, simplificadas). En Ciencias naturales hablaremos de prácticas de indagación. En Tecnología, de prácticas de diseño, por lo general conocidas por su nombre en inglés como *design-thinking*.

Prácticas de indagación

Empecemos por la indagación. El enfoque de enseñanza por indagación, para el que existe un extenso consenso en la bibliografía académica y en los currículos de

todo el mundo, implica la realización de actividades que posicionen a los niños en el rol de activos investigadores de la naturaleza, acompañándolos en la observación de los fenómenos que los rodean, en la formulación de preguntas y la planificación de modos de responderlas. La indagación conlleva también que los niños aprendan a interpretar de sus observaciones, las confronten con las de sus compañeros las complementen con información de otras fuentes y las pongan en discusión con sus ideas iniciales para revisarlas y ampliarlas (Furman y Podestá, 2009; Harlen, 2000).

Este enfoque nace y luego evoluciona de las ideas del pedagogo John Dewey y muchos otros educadores del llamado Movimiento Progresista, que hace ya cien años consideraban que en la enseñanza de las ciencias había demasiado énfasis en los hechos de la ciencia, y proponían poner el acento en el desarrollo del pensamiento crítico y la curiosidad (Dewey, 1916).

Especialmente considerando el trabajo con niños pequeños, el enfoque por indagación toma como punto de partida lo que Jean Piaget (1967) definió como "conocimiento físico", es decir, el conocimiento de los objetos en el mundo observable. Implica, por ejemplo, saber que las bolitas ruedan, pero los dados no. O que el papel se rompe con facilidad pero la tela no lo hace. Este conocimiento físico se adquiere por medio de las acciones sobre los objetos y la observación, y constituye un punto inicial para el desarrollo de las ideas sobre el funcionamiento del mundo natural.

Estas acciones prácticas sobre los fenómenos y objetos "de carne y hueso", de valor fundamental en todos los niveles pero aún más en el nivel inicial y los primeros años de la escuela primaria, forman parte de lo que con los colegas Gabriel Gellon, Elsa Feher y Diego Golombek (2006) hemos llamado "el aspecto empírico de la ciencia", en busca de enfatizar en la enseñanza de las ciencias la conexión indisoluble entre las ideas científicas (es decir, las explicaciones que construimos) y lo que experimentamos con nuestros sentidos.

Desde esta perspectiva, Constance Kamii (2014), discípula de Piaget que ha analizado en profundidad el aprendizaje de las ciencias y la matemática en niños pequeños, y

cuyo trabajo es una referencia obligada en estos temas, enfatiza el valor de que el docente presente contextos ricos de exploración en los que los chicos tengan que actuar sobre el entorno para observar los efectos de sus acciones y, de ese modo, formularse preguntas, proponer explicaciones, recoger observaciones y construir explicaciones de lo que sucede.

Ampliando este marco, Montse Benlloch, en su libro *Ciencias en el parvulario* (1992), reflexiona sobre la importancia del lenguaje y las interacciones con otros (la docente, los compañeros) como eje central en los procesos de aprendizaje de los niños. Así, propone que las intervenciones de los docentes fomenten que los niños expresen de manera verbal, o a través de sus acciones, lo que conocen y piensan sobre un fenómeno o una situación determinados, de modo de conocer el punto desde el cual parten en la construcción de sus ideas. Desde la ya mencionada perspectiva del constructivismo sociocultural, Benlloch enfatiza el papel de los intercambios entre los niños mediados por los docentes acerca de sus ideas, observaciones y explicaciones en el camino a la construcción de nuevo conocimiento.

En pos de plasmar este enfoque en objetivos de aprendizaje concretos, los documentos curriculares de distintos países del mundo coinciden en identificar una serie de prácticas básicas de indagación para los niños pequeños (NAEYC, 2001):

- Proponer preguntas sobre objetos y situaciones que los rodean.
- Explorar materiales, objetos y situaciones, actuar sobre ellos y observar qué sucede.
- Hacer observaciones cuidadosas de objetos, organismos y situaciones usando todos sus sentidos.
- Describir, comparar, clasificar y ordenar en función de características y propiedades observables.

- Usar una variedad de herramientas simples para extender sus observaciones (lupas, instrumentos de medición sencillos).

- Participar en investigaciones sencillas, que incluyan la posibilidad de formular predicciones, recolectar e interpretar datos, reconocer patrones simples y elaborar conclusiones.

- Registrar sus observaciones, explicaciones e ideas por medio de múltiples formas de representación.

- Trabajar de manera colaborativa con otros, discutir y compartir ideas, y escuchar nuevas perspectivas.

El rol del docente en la indagación

Especialmente en la infancia (aunque podríamos argumentar que esto es cierto para todas las edades), el enfoque por indagación toma la forma de lo que en la jerga didáctica se suele llamar "indagación guiada". De hecho, en el ámbito educativo hace rato está de moda decir que el docente debe ser un facilitador del aprendizaje de los alumnos, un guía. ¿Pero qué implica esta guía, en concreto, en el marco de una actividad de indagación?

En la indagación guiada, el docente acompaña de cerca cada una de las etapas de las exploraciones que los niños realizan. En su libro *Hacia el jardín de infantes que queremos*, la especialista en educación infantil Diana Jarvis (2014) propone la idea de "apoyo instructivo", refiriéndose tanto al acompañamiento verbal como al práctico que los maestros ofrecen a lo largo de actividades de indagación.

Las estrategias de este apoyo instructivo combinan aspectos emocionales y cognitivos, de modo de brindar a los niños un espacio afectivo y de confianza que, al mismo tiempo, les aporte herramientas para seguir avanzando en sus aprendizajes.

Jarvis menciona algunas en particular importantes para la educación en las ciencias: enseñarles a los niños a mirar con atención, enfocar la atención durante la exploración en algunos aspectos particulares de los objetos o fenómenos, elogiar sus esfuerzos y animarlos a seguir probando porque confiamos en que pueden hacerlo, clarificar sus ideas y formas de expresarlas, reafirmar lo que dicen y ayudarlos a reflexionar sobre lo que hacen, preguntarles cómo saben lo que saben y qué tomaron en cuenta para decir lo que dicen, validar sus respuestas y ofrecer oportunidades de conectar aquello que saben con lo nuevo, relacionando lo que pensaban con lo que han observado, y ayudándolos a vincularlo con nueva información que aporte el docente u otras fuentes como los libros.

Ante esto, vale preguntarse: ¿cuán cercano debe ser este acompañamiento? ¿En qué medida dejar que los niños exploren solos, pongan en juego sus propias estrategias e, incluso, se equivoquen o "pisen el palito" cuando sea necesario? La respuesta no es sencilla, y dependerá del momento y el estilo de cada niño. Pero si tuviéramos que arriesgar una respuesta, creo que sería "un poco y un poco". Como propone Montse Benlloch (1992), en el curso de las actividades de exploración y resolución de problemas que los docentes proponen a los niños, es fundamental que puedan respetar las estrategias de resolución que los niños traen como propias, ofreciendo ciertos espacios de trabajo autónomo. Al mismo tiempo, será fundamental también acompañarlos para ampliar el repertorio de las estrategias que tienen disponibles, ayudarlos a clarificar sus puntos de vista, pedirles que fundamenten sus acciones y sus ideas, que contrasten sus observaciones y explicaciones con las propuestas por otros niños, y modelizar estrategias posibles para resolver las situaciones planteadas.

Como modo de hacer visibles y más claras estas ideas, analicemos cómo se plasma el enfoque de indagación guiada en el ejemplo que relatamos de "La naranja olvidada".

Por empezar, la docente es quien propone el contexto de indagación, presentando el caso de la naranja olvidada que apareció unos días después con manchas verdes

y blancas, y guiando la primera observación sobre el fenómeno: ¿las manchas son todas iguales?; ¿en qué se diferencian?

En esta primera etapa de la investigación, la docente genera espacios para que los niños hagan explícitas sus ideas iniciales y explicaciones sobre lo que observan. Los invita a intercambiar ideas, para que cuenten si observaron antes esas manchas, si tienen idea de dónde vienen y por qué aparecieron.

Luego, formula las preguntas que dan inicio a la indagación: ¿de dónde habrán salido esas manchas? ¿Tendrán algo que ver con haber dejado la naranja fuera de la heladera? ¿Pasará lo mismo con otros alimentos? Al mismo tiempo, está atenta a recoger los interrogantes planteados por los propios niños y enmarcarlos en la investigación que van a realizar, como cuando una alumna propone: ¿pasará lo mismo si ponemos algo que no sea comida, como una tapita de plástico?

La docente organiza la realización de la experiencia, orientando a los alumnos para que piensen cómo averiguar si la heladera tiene algo que ver con la aparición de las manchas, y los guía en la decisión de comparar dos condiciones: platos puestos adentro y afuera de la heladera. En ese proceso, orienta la recolección de datos a partir de preguntas: ¿cómo vamos a darnos cuenta de si las manchas crecieron? ¿Cómo podríamos medir el tamaño de las manchas? En este caso, además, abre la discusión acerca de las ventajas y desventajas de los distintos modos de medición (incluido el uso de elementos no convencionales, como un piolín, y otros convencionales, como una regla), un aprendizaje que constituye una piedra fundamental en el desarrollo del pensamiento científico.

La docente organiza los espacios y tiempos para que los chicos puedan observar, armando pequeños grupos de trabajo y destinando momentos específicos para la observación y el registro, en este caso durante varias semanas. La docente propone distintos modos de registro para las observaciones realizadas y ayuda a darles sentido a esas observaciones, volviendo siempre a recordar el propósito general de la

investigación para no perder de vista el sentido general de la experiencia (en este caso, responder la pregunta de si la heladera tenía algo que ver con la aparición de las manchas).

Durante las semanas de observación les da cuadros impresos a los chicos en los que tienen que volcar, mediante dibujos y palabras, sus observaciones, y organiza situaciones en las que, entre todos, comparan las observaciones de los distintos grupos, siempre teniendo en mente el objetivo de la tarea (como indicábamos recién, ver si hay cambios a lo largo del tiempo en los platos dejados dentro y fuera de la heladera). También los ayuda en el proceso de toma de fotografías, tanto desde lo técnico como guiándolos a pensar acerca de qué vale la pena fotografiar y por qué en función de los objetivos de la investigación.

Así, la docente convierte la observación y la realización de experiencias en objetos de enseñanza, proponiendo que los niños observen en función de una o varias preguntas, que vuelvan a mirar lo mismo intentando observar elementos distintos a los que vieron en primera instancia, que miren con detenimiento y que contrasten sus observaciones con las de sus compañeros, que retomen sus ideas iniciales y las contrasten con lo observado (Kaufmann y Serulnicov, 2010).

Por último, la docente es quien ayuda a pasar en limpio y terminar de dar sentido a lo aprendido. Para ello, orienta a los niños para sistematizar la información que recogieron, promueve la reflexión sobre los interrogantes iniciales y la confrontación entre sus ideas iniciales y lo que observaron en su experiencia (por ejemplo, volviendo a pensar sobre el sentido de guardar los alimentos en la heladera), y aporta información nueva (en este caso, imágenes y videos de los mohos creciendo sobre la fruta) para ampliar el conocimiento que los chicos están construyendo sobre el tema. Como ampliaremos cuando hablemos de hacer el pensamiento visible, esa instancia de la puesta en común es fundamental para que la indagación cobre sentido y las ideas de los niños se organicen y se consoliden.

Prácticas de diseño

Vayamos ahora al terreno de la formación del pensamiento tecnológico mediante la participación en prácticas auténticas de la disciplina. En este caso, hablaremos de las prácticas de diseño, enmarcadas en lo que en inglés se suele llamar *design-thinking* o pensamiento de diseño.

Este enfoque de enseñanza se basa en la teoría construccionista del aprendizaje, que podríamos considerar una "prima hermana" de la teoría constructivista, en tanto comparte con esta la idea del aprendizaje como un proceso activo de construcción de significado por parte del individuo, en interacción con el medio y con otros. Pero agrega un elemento más, al proponer las actividades que involucran el diseño y la construcción de productos y artefactos como contextos ricos para la formación del pensamiento (Papert, 1980).

En esta línea, Mitchel Resnick, director del proyecto *Lifelong kindergarten* (jardín de infantes de por vida) del laboratorio de medios del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), enfatiza que el abordaje tradicional de la educación infantil (es decir, los jardines de infantes "a la vieja usanza") es sumamente potente para el desarrollo del pensamiento tecnológico. En su maravilloso artículo "Todo lo que verdaderamente necesito saber (sobre el pensamiento creativo) lo aprendí (observando cómo aprenden los niños) en el jardín de infantes", Resnick (2007) plantea que en los jardines de infantes tradicionales los niños diseñan, crean, experimentan y exploran de manera constante:

> "Dos niños pueden empezar a jugar con bloques de madera. Con el tiempo, construyen una colección de torres. Un compañerito de clase ve las torres y empieza a empujar su auto de juguete entre ellas. Pero las torres están demasiado juntas, entonces el niño empieza a moverlas hacia los lados para hacer lugar para los autos. En el proceso, una de las torres se cae. Después de una breve discusión sobre de quién fue la culpa, los chicos comienzan a conversar sobre

cómo construir juntos una torre más alta y más fuerte. La maestra les muestra imágenes de rascacielos reales, y les hace notar que en esos edificios las bases son más anchas que la parte de arriba. Entonces deciden construir sus torres con una base más ancha que la que tenían inicialmente" (p. 1).

Resnick describe el proceso de diseño como un camino en espiral, con estos componentes clave: Imaginar, Crear, Jugar, Compartir y Reflexionar. Se trata de un proceso iterativo, en general no secuencial, en el que los niños imaginan lo que quieren hacer, crean un proyecto basado en sus ideas, juegan con sus creaciones, comparten sus ideas y creaciones con otros, y reflexionan sobre sus experiencias (todo lo cual los lleva a imaginarse nuevas ideas y proyectos). Así, aprenden a desarrollar sus ideas, probarlas, testear sus límites, experimentar con alternativas, intercambiar ideas y perspectivas con otros, recibir sugerencias, y generar ideas nuevas basadas en la experiencia.

Retomando el primer capítulo de este libro, podríamos resumir todo este proceso en la potente idea de *tinkering*, que tradujimos como "jugar, manipular, desarmar, hacer lío y tratar de arreglar". Los educadores Libow Martínez y Stager (2013) en su ya mencionado libro *Inventar para aprender* definen al *tinkering* como una manera juguetona de abordar y resolver problemas a través de la experiencia directa, la experimentación y el descubrimiento. Y, como mencionamos, la capacidad de experimentar e inventar de manera juguetona es central al pensamiento tecnológico (y también, claro, al científico).

Pero, de nuevo, esto no sucede de un día para el otro. El especialista en educación tecnológica David Mioduser (2009) describe la formación del pensamiento tecnológico como un largo viaje, que empieza por ofrecer a los niños experiencias muy básicas con materiales y juegos de construcción, e intentos intuitivos de construir objetos y artefactos. A lo largo del camino, plantea, distintas actividades van apoyando la construcción de un conjunto de capacidades de pensamiento cada vez más sistemáticas: la reflexión sobre lo que se decide y se hace, la verbalización y la formalización de los procedimientos, la recolección de información relevante sobre

materiales, procedimientos y soluciones que ya existen, el uso de representaciones y modos de registro para elaborar planes y modelos, y la reflexión sobre los productos generados y sus posibles mejoras de acuerdo con los usos propuestos.

Al igual que en las prácticas de indagación, la reflexión sobre los procesos y sobre lo aprendido (es decir, el componente metacognitivo) desempeña un papel clave en las prácticas de diseño. En palabras de Mioduser: "El diseño se trata de hacer, claro, pero también de generar conocimiento acerca de cómo hacer, cómo resolver un problema, cómo mejorar maneras de resolverlo, cómo transformar esas herramientas puntuales para un caso en capacidades de resolución de problemas en general" (p. 3).

Veamos, entonces, cómo se plasman estas ideas en la escena de "El desafío de sacar el candado del frasco" que espiamos por la ventana hace unos momentos.

En primer lugar, el docente plantea un desafío, un problema que requiere que los chicos imaginen y elaboren, en grupos, una solución. Y, como en toda situación de diseño auténtica, establece restricciones, cosas que no se pueden hacer, como modo de forzarlos a desarrollar soluciones no obvias en las que tengan que poner en juego su creatividad. En este caso, los chicos no pueden meter la mano dentro del frasco, ni darlo vuelta, y tienen que subir el candado desde el fondo para recién ahí sacarlo.

Luego, organiza el trabajo de manera grupal, y les pide que imaginen cómo sería la herramienta que deberían construir para resolver el desafío. Ahí se inicia el proceso iterativo, comenzando por la primera ronda de diseño. El docente les propone que elaboren un esquema en papel, una herramienta que promueve que los chicos hagan visibles sus ideas y, en ese proceso, tengan que establecer acuerdos acerca de qué conviene hacer y por qué.

El docente generó un espacio para la discusión acerca de los diseños de cada grupo, donde se pusieron en común los primeros borradores y se analizaron en función de si cumplían el objetivo buscado. Esa primera confrontación permitió que los chicos notaran que sus diseños tenían algunos problemas que había que corregir.

El maestro intervino para pasar en limpio las conclusiones hasta el momento: la herramienta debía tener al menos dos partes, con la función de extender el brazo y de atrapar el candado. Después, aportó nueva información: trajo imágenes de herramientas usadas habitualmente para ampliar lo que los chicos habían imaginado, ayudándolos a incorporar nuevos elementos en sus diseños. Luego, propuso otro momento de revisión de los diseños iniciales, a la luz de las nuevas ideas que se habían discutido, y aportó materiales para que los chicos pudieran construirlas.

Antes de poner a prueba las herramientas, el docente propuso un momento de reflexión para que los niños debatieran acerca de cómo iban a darse cuenta de si las herramientas cumplían su cometido. ¿Qué criterios de éxito podían establecer? ¿Podían pensar en más de uno? Aquí, vale la pena subrayar que el docente eligió abrir el juego para que los propios chicos pudieran pensar y proponer esos criterios, en lugar de dárselos "servidos en bandeja". Ese espacio es fundamental en la construcción del pensamiento tecnológico, en tanto implica ayudar a los niños a visualizar el proceso completo, imaginando y apropiándose no solo de la construcción sino de los modos de validación de sus construcciones.

La puesta a prueba de las herramientas usando los criterios propuestos por los chicos (si la herramienta lograba sacar el candado, y cuánto tiempo tardaba en sacarlo) ofreció un espacio de experimentación real, en el que los chicos pudieron observar el funcionamiento de las herramientas de cada grupo. En esta etapa, de nuevo, el docente propuso un espacio de reflexión sobre las decisiones tomadas, en tanto los niños debían analizar las ventajas y limitaciones de cada diseño y pensar en posibles mejoras, que luego llevarían a la práctica.

Como vimos, esta actividad es un buen ejemplo de un proceso colaborativo e iterativo que involucra la imaginación, la construcción, la puesta a prueba, la revisión, la vuelta a diseñar y la vuelta a probar. Al mismo tiempo, el proceso está acompañado de una serie de momentos de reflexión sobre lo hecho y sus efectos,

en vistas a formar capacidades de pensamiento cada vez más potentes y generalizables para la resolución de otros problemas.

Finalmente, me gustaría hacer una aclaración sobre esta actividad: elegí adrede esta escena como ejemplo, que hace uso de elementos sencillos (un frasco, un candado, palitos, ganchos) y que no está apoyada por tecnologías como computadoras o dispositivos electrónicos, porque quiero subrayar que la formación del pensamiento tecnológico no requiere aparatos sofisticados. El corazón de las prácticas de diseño es el proceso de inventar y poner a prueba soluciones, que va más allá de las herramientas que se usen.

Expresado esto, también me gustaría enfatizar cómo las nuevas tecnologías (en especial las computadoras y otros dispositivos programables, felizmente cada vez más accesibles por su costo y más amigables para su uso) abren caminos novedosos e impensados para apoyar y dar vuelo a los procesos de diseño de los niños (Libow Martínez y Stager, 2013). Como describe Resnick (2007), los dispositivos electrónicos y las tecnologías digitales, si se usan con el andamiaje adecuado, permiten extender el "abordaje de jardín de infantes" a toda la educación y facilitan que estudiantes de todas las edades puedan continuar aprendiendo a través de proyectos de diseño que desarrollen la creatividad y el pensamiento crítico, así como el disfrute del aprendizaje durante toda la vida.

En esta línea, los proyectos en los que los niños deben aprender a programar (cada vez con lenguajes más sencillos e intuitivos) en pos de lograr un objetivo o crear un producto, ayudan a que la tecnología pueda constituirse en un vehículo privilegiado para canalizar el aprendizaje y la expresividad. Mencionaremos ejemplos de estos proyectos en el capítulo 4.

Dimensión 3: hacer el pensamiento visible

Por último, nuestro modelo de "buenas prácticas" incluye una tercera dimensión: la de hacer el pensamiento visible, que ya fuimos describiendo en la discusión

de las dos dimensiones anteriores pero que, por su importancia, les propongo analizar de manera separada.

¿Cómo podemos hacer visible el pensamiento de los chicos? No es tan difícil como parece. ¡Y es muchísimo más importante de lo que aparenta! Estamos tratando, ni más ni menos, la importancia de generar espacios y dinámicas de clase que promuevan que las ideas y los razonamientos de los chicos vayan saliendo a la luz a través del lenguaje oral y escrito, y de otros formatos, y enriqueciéndose en ese proceso (Tishman y Palmer, 2005).

Hacer el pensamiento visible tiene dos objetivos. Por un lado, en la línea de la evaluación formativa, nos permite, como docentes, ir "tomando la temperatura" del proceso de pensamiento de los chicos. Nos ayuda a saber qué entienden y qué no, cómo interpretan una determinada situación y cómo podemos intervenir, retroalimentándolos para ayudarlos a avanzar con sus ideas.

El segundo objetivo es aún más importante. Para los chicos, hacer su pensamiento visible (sacar a la luz lo que piensan y ponerlo en diálogo con otros) es parte fundamental de su propio proceso de aprendizaje.

Retomando la perspectiva del constructivismo sociocultural, sabemos que el lenguaje es el medio más importante para desarrollar el pensamiento, que permite construir sentido y capacidades para entender y actuar sobre el mundo (Vygotsky, 1934). Esta idea cobra un valor particular en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología. Jay Lemke (1997), que ha estudiado extensamente estos temas, postula la importancia central de "hablar ciencia" (y, añadiríamos, "hablar tecnología") como vehículo para el aprendizaje. Hablar ciencia, argumenta, está íntimamente ligado a la construcción del conjunto de "hábitos de la mente" que venimos describiendo como nuestra gran meta de aprendizaje: significa "observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, desafiar, argumentar, diseñar experimentos, seguir procedimientos, juzgar, evaluar, decidir,

concluir, generalizar, informar, escribir, leer y enseñar a través del lenguaje de la ciencia" (p. 11).

En este contexto, los docentes (como los dos de los casos que espiamos por la ventana) cumplen un rol clave en la generación de situaciones de enseñanza que favorezcan que los chicos hagan explícitas sus ideas y observaciones (oralmente o en otros tipos de registros), participen en situaciones de intercambio y debate, y retroalimenten las ideas de sus pares.

En particular, las situaciones de trabajo en pequeños grupos les ofrecen a los niños la oportunidad de acercarse a exploraciones científicas o resolver problemas tecnológicos en diálogo con sus compañeros. Distintas investigaciones muestran el valor del trabajo colaborativo para fomentar el aprendizaje de los niños, y revelan que hablar y discutir acerca de las ideas, confrontándolas con las de los compañeros y teniendo que fundamentarlas y defenderlas los ayuda a consolidar sus aprendizajes (Mercer y Littleton, 2007).

Como vimos en los ejemplos, resolver problemas en grupo (con el andamiaje aportado por el docente, que propone preguntas y estructura los espacios de intercambio) promueve que los niños tengan que establecer acuerdos sobre qué hacer y por qué, y argumenten acerca de las ventajas o desventajas de cierta idea o determinado procedimiento. Las actividades colaborativas permiten que los chicos accedan a un repertorio más amplio de estrategias para la resolución de problemas que las suyas propias. Este trabajo promueve, al mismo tiempo, la necesidad de reestructurar sus ideas, a la vista de otras más plausibles y consensuadas que aparecen en el grupo y, luego, en la comunidad de aprendizaje del aula.

En esta línea, sabemos que cuando el docente organiza espacios de aprendizaje colaborativo, genera un impacto importante en el pensamiento individual de los niños. Los hace más atentos a sus propios pensamientos y a los de otros, y estimula la necesidad de clarificar o modificar sus propias ideas a partir de los comentarios

y las reacciones de sus pares. Así, los niños no solo comparten sus ideas con otros, sino que también aprenden a monitorear y autorregular su propio proceso de pensamiento (Larkin, 2006).

Finalmente, como ya mencionamos, es importante que la reflexión sobre las observaciones realizadas y las conclusiones obtenidas no quede librada solo a las posibilidades personales de los chicos, sino que el docente esté atento a propiciar espacios para pasar en limpio la información recogida y a elaborar conclusiones que retomen y respondan los interrogantes o problemas iniciales.

Las actividades de reflexión y sistematización pueden tomar diferentes formas y modalidades. En algunos casos, la reflexión tendrá lugar durante la actividad misma, como cuando Claudia, la primera docente que espiamos por la ventana, generaba momentos a lo largo de las semanas de la experiencia para poner en común lo que los chicos habían observado y registrado de los platos con comida en distintas condiciones. En estas instancias de intercambio, será fundamental comenzar a promover que los chicos hagan conscientes no solo sus ideas sino de dónde surgen, con preguntas como: ¿en qué te fijaste para decir eso?; ¿cómo te diste cuenta? Esto mismo vemos en el ejemplo de Fernando, el segundo docente, que proponía "paradas" en la actividad de diseño de la herramienta para discutir y mejorar los diseños de cada grupo, ponerse de acuerdo en la estructura general que debía tener la herramienta diseñada y en los criterios para evaluar si esas herramientas lograban sus objetivos o no.

También será fundamental incluir momentos de reflexión y puesta en común a posteriori de las actividades de exploración o resolución de problemas, como cuando en la primera viñeta de la experiencia con los hongos los niños analizaron todas las observaciones que, entre todos los grupos, habían realizado durante las semanas que duró el experimento, interpretándolas a partir de sus preguntas iniciales, sacando conclusiones comunes y yendo más allá, con ayuda de la nueva información que trajo la docente, para dar un sentido más amplio a sus conclusiones. En la segunda escena, también vimos cómo el docente organizó un espacio final de puesta a

prueba de la segunda versión de las herramientas construidas y una reflexión sobre las ventajas y desventajas de cada diseño, fomentando que los chicos reflexionaran acerca de los procesos que habían llevado a cabo dentro de sus grupos y en la comunidad más grande de la clase.

Por último, la necesidad de comunicar lo aprendido (como en el primer ejemplo, en el que los chicos de sala de 5 prepararon una presentación y una película para contarles a los de sala de 4 lo que habían investigado) genera un contexto privilegiado para hacer el pensamiento visible. Cuando tenemos que contarle a otro lo que pensamos y sabemos, aparece la necesidad de clarificar el propósito de lo que hicimos y aprendimos, revisar nuestras ideas, pensar qué tenemos claro y sobre qué cuestiones tenemos que repasar porque no estamos seguros. Y toda esa reflexión va, naturalmente, consolidando nuestros propios aprendizajes.

Pasando en limpio...

Y, hablando de sistematizar y pasar en limpio, antes de terminar les propongo repasar lo que hemos discutido en este capítulo, que dedicamos al cómo de la enseñanza del pensamiento científico y tecnológico en la infancia.

En primer lugar, utilizamos la idea de "jugar al juego completo" propuesta por David Perkins como metáfora para pensar en una enseñanza que nunca pierda de vista el sentido, el propósito global del aprendizaje. Sostuvimos, también, que existe un consenso internacional, avalado por la investigación educativa, sobre las características que debe tener la enseñanza de las ciencias y la tecnología en la infancia, que a su vez está plasmado en los lineamientos curriculares de los distintos países. Y planteamos, entonces, que ese consenso constituye un excelente punto de partida para hacer realidad esta visión sobre la enseñanza en cada una de las escuelas.

Buscando una síntesis de esta visión consensuada les propuse, entonces, un modelo de buenas prácticas con el propósito de que sirva para orientar la acción. El

modelo incluye tres componentes: la necesidad de contextualizar el aprendizaje, la importancia de que los niños participen en prácticas auténticas de la disciplina (en su versión escolar, naturalmente), considerando para las ciencias naturales las prácticas de indagación y para la tecnología las prácticas de diseño, y, finalmente, el valor de hacer visible el pensamiento de los niños por medio de actividades y espacios que fomenten que hagan explícitas sus ideas y las pongan en diálogo con sus pares.

Ojalá a lo largo de este libro y en sus prácticas cotidianas hayan sentido, como yo, que formar el pensamiento científico y tecnológico es una aventura posible. Sin reinventar la rueda. Desde donde cada uno está, sacándole punta a ese lápiz con el que diseñamos lo que vamos a hacer cada día.

Para eso, estoy convencida, vale la pena tomar ejemplos que nos inspiren, modelos que nos marquen caminos posibles (reales, cercanos a lo que sentimos que nosotros podemos hacer en cada uno de nuestros ámbitos) que nos ayuden a dar los próximos pasos. El próximo capítulo se trata justamente de eso, de compartir algunos proyectos y recursos que, a mi juicio, inspiran y dan pistas y herramientas para la acción. Allí vamos entonces.

IV

Algunos ejemplos para inspirarse

Y llegamos (¡casi!) al final de este recorrido. Comenzamos por definir el pensamiento científico y tecnológico como modos de entender y actuar sobre el mundo basados en la curiosidad, la creatividad y el pensamiento riguroso. Sostuvimos que los rudimentos de ese pensamiento ya aparecen desde que los niños son muy pequeños, pero que su desarrollo requiere una enseñanza intencional y sostenida a lo largo del tiempo. Propusimos un modelo para la acción, que retoma las evidencias que nos proporciona la investigación educativa y los lineamientos curriculares de muchos países del mundo. Hablamos de la importancia de que los niños participen en prácticas auténticas como la indagación y el diseño, contextualizadas y con sentido, del rol docente como guía en esas exploraciones y de la necesidad de hacer visible el pensamiento de los chicos.

En este último capítulo les propongo una serie de ejemplos (¡de los muchos que felizmente existen!) que, a mi juicio, ofrecen estrategias y recorridos interesantes para la enseñanza de las ciencias y la tecnología en la infancia. Se trata de proyectos y recursos que aportan herramientas y ejemplos concretos para enriquecer la práctica cotidiana.

Los primeros tres son proyectos que desarrollamos junto con un equipo de colegas. El resto lo elaboraron otros especialistas.

En Ciencias naturales

Prácticas inspiradoras en ciencias en el nivel inicial

El proyecto presenta dos secuencias didácticas para el nivel inicial ("Detectives del sonido" y "Exploradores de la luz") implementadas en dos jardines de la provincia de Buenos Aires de distintos contextos educativos, basadas en el enfoque de enseñanza por indagación. Cada secuencia está filmada en video y organizada en etapas a partir de preguntas guía (por ejemplo: ¿qué necesitamos para ver?). Pueden verse y descargarse tanto los videos de las secuencias implementadas en el aula como los materiales didácticos que las acompañan. La primera escena de este libro (la de los niños construyendo el xilofón de botellas) forma parte de la secuencia de "Detectives del sonido". El proyecto fue desarrollado por el Programa de la Educación en Ciencias de la Universidad de San Andrés (bajo mi coordinación y la de Mariu Podestá y Diana Jarvis), con el apoyo de la Fundación Bunge y Born.

Página web: http://educacion.udesa.edu.ar/ciencias/inspiradoras

Escuelas del Bicentenario

Se trata de un programa de mejora escolar que se llevó a cabo en 7 provincias argentinas entre 2006 y 2014, desarrollado por el Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación (IIPE-UNESCO) y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). En ese marco, para el área de Ciencias naturales desarrollamos una serie de secuencias didácticas desde el enfoque de enseñanza por indagación. Para el primer ciclo del nivel primario, las secuencias abordan temas como "Los seres vivos y sus ambientes" y "El cielo y la Tierra", que pueden consultarse y descargarse en:

Página web: http://educacion.udesa.edu.ar/ciencias/?page_id=14

La casa de la ciencia

Programa de televisión, que escribimos y condujimos junto con Gabriel Gellon y la productora La Brújula TV para el canal infantil Paka Paka. En cada capítulo se plantean preguntas y desafíos cotidianos para resolver

desde una mirada científica, que pueden usarse como recursos para la enseñanza. Las experiencias incluyen materiales simples y pueden recrearse junto con los chicos.

Todos los programas (que duran alrededor de 28 minutos) pueden verse y descargarse en:

Página web: http://www.conectate.gob.ar/sitios/conectate/busqueda/buscar?rec_id=100855

Creative little scientists *(pequeños científicos creativos)*

Se trata de un proyecto de investigación educativa realizado de manera conjunta entre varios países europeos, que ofrece artículos académicos interesantes y recursos para la enseñanza de las ciencias naturales para niños pequeños.

Página web (en inglés): http://www.creative-little-scientists.eu/

En Ciencias naturales y Tecnología

Innovaciones Educativas en STEM- Fundación Telefónica

Concurso de la Fundación Telefónica en el que identificaron y seleccionaron 100 proyectos educativos innovadores de todo el mundo para la formación de vocaciones en la áreas de STEM. Comprende gran número de programas para el nivel inicial y primario.

Página web: https://top100desafio.fundaciontelefonica.com

Cuadernos para el aula

La serie *Cuadernos para el aula*, desarrollada por el Ministerio de Educación de la Argentina, ofrece ejemplos interesantes de secuencias y actividades en Ciencias naturales y Tecnología para los docentes de nivel inicial y primer ciclo del nivel primario. El "desafío de sacar el candado del frasco" que presentamos en el capítulo 3 corresponde a estos cuadernos.

Página web: http://www.me.gov.ar/curriform/cuadernos.html

Educ.ar

En la página del programa Educ.ar, del Ministerio de Educación de la Argentina, pueden consultarse y descargarse una diversidad de recursos para la enseñanza de las ciencias y la tecnología en los niveles inicial y primario:

Página web: https://www.educ.ar

Educar Chile

Página del proyecto Educar, del Ministerio de Educación de Chile, con recursos para todas las áreas y niveles educativos. En la sección Buenas Prácticas se muestran, dentro del proyecto Estudios de Clase, filmaciones de clases de ciencias y tecnología para los niveles inicial y primario, junto con la filmación de las instancias de planificación y análisis por parte de los docentes.

Página web: http://www.educarchile.cl

Las 400 clases

En este portal, desarrollado por el área de Educación del CIPPEC (Centro de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento), en la sección Laboratorio de Formación Docente Continua se incluye una serie de videos de especialistas en distintas áreas de la educación, que comprende las Ciencias naturales y la Tecnología, y propone ideas, preguntas y reflexiones para la formación docente. En la sección Videos se ofrece una selección interesante de ellos para la enseñanza de los temas del currículo de Ciencias naturales.

Página web: http://www.las400clases.org/

En Tecnología

Program.ar

En la página del proyecto Program.ar, del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Argentina, se ofrece una serie de actividades y recursos para planificar la enseñanza de la programación para niños, comenzando por el primer ciclo del nivel primario.

Página web: http://program.ar/primaria/

Code.org

En la página de la organización Code.org se ofrecen tutoriales y juegos para niños y herramientas para docentes para la enseñanza de la programación desde edades tempranas (seleccionar español como idioma para ver todos los contenidos en castellano).

Página web: https://code.org/

Lifelong Kindergarten *(jardín de infantes de por vida)*

Este proyecto del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT) ofrece una serie de materiales y propuestas para el desarrollo del pensamiento tecnológico en la infancia, considerando el abordaje integral del jardín de infantes como modelo para la formación de capacidades en los niños.

Página web (en inglés): https://llk.media.mit.edu/

ScratchJr

ScratchJr es una colaboración entre el Grupo de Investigación de Tecnologías del Desarrollo de la Universidad de Tufts, el Grupo *Lifelong Kindergarten* antes mencionado y *Playful Invention Company*. Se trata de un lenguaje de programación especialmente orientado a que niños de entre 5 y 7 años puedan programar sus propias historias y juegos interactivos. Las páginas citadas tienen explicaciones claras para programar con ScratchJr y numerosos ejemplos para niños, padres y docentes.

Páginas web: https://www.scratchjr.org/ y https://scratch.mit.edu

Código 21

Código 21 es el espacio del Departamento de Educación del Gobierno de Navarra dedicado al aprendizaje de programación, robótica educativa y otras tecnologías emergentes que permiten disfrutar y aprender con herramientas digitales de nuestro tiempo. La página contiene recursos para docentes y estudiantes.

Página web: http://codigo21.educacion.navarra.es/

Flexible

Es un inspirador ejemplo de los *maker spaces* (espacios de hacedores) que existen en la Ciudad de Buenos Aires, donde se proponen actividades para niños que relacionan el arte, la ciencia y la tecnología.

Página web: http://www.flexiblelab.com.ar/

Bibliografía

Alsop S y Watts M. Science education and affect. International Journal of Science Education 2003; 25(9), 1043-1047.

Appleton K. How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. Research in Science Education 2003; 33(1), 1-25.

Ardnt S y Anijovich R. Metacognición y reflexión. Experiencias metacognitivas en el nivel inicial. Buenos Aires. Aique, 2015.

Benlloch M. Ciencias en el parvulario. Una propuesta psicopedagógica para el ámbito de la experimentación. Barcelona. Paidós Educador, 1992.

Berlinski S, Galiani S, Gertler P. The Effect of PrePrimary Education on Primary School Performance. London. Institute for Fiscal Studies, 2006. Disponible en: www.ifs.org.uk/wps/wp0604.pdf.

Brown J, Collins A y Duguid P. Situated Cognition and the Culture of Learning. Educational Researcher, 1989; 18(1), 32-42.

Cabe Trundle K y Saçkes M (eds.). Research in Early Childhood Science Education. Springer Netherlands, 2015.

Camilli G, Vargas S, Ryan S y Barnett WS. Meta-analysis of the effects of early education interventions on cognitive and social development. Teachers College Record, 2010; 112, 579-620.

Consejo Federal de Cultura y Educación, Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para el primer ciclo de la educación primaria en Argentina. Ministerio de Educación de la Nación, 2004.

Cromer A. Uncommon sense. The heretical nature of science. Nueva York. Oxford University Press, 1993.

DeBoer G. A History of Ideas in Science Education. Nueva York. Teachers College Press, 1991.

Declaración de Budapest. Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso, 1999. Disponible en http://www.oei.es/salactsi/budapestdec.htm.

Departamento de Educación del Reino Unido. Statutory framework for the early years foundation stage, 2014.

Dewey J. Method in science teaching. Science Education, 1916; 1, 3-9.

Duckworth E. Cómo tener ideas maravillosas y otros ensayos sobre cómo enseñar y aprender. Madrid. Editorial Antonio Machado, 1994.

Duit R y Treagust D. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 2003); 25(6), 671-688.

Duschl R, Schweingruber H y Shouse A. Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC. National Academy Press, 2007.

Erden F y Sönmez S. Study of Turkish Preschool Teachers' Attitudes toward Science Teaching. International Journal of Science Education, 2011; 33(8), 1149-1168.

Eshach H y Fried MN. Should science be taught in early childhood? Journal of Science Education and Technology, 2005; 14(3), 315-336.

European Union. Science, technology and innovation in Europe. Eurostar Pocket Books, 2013.

Feynman R. Seis piezas fáciles. Madrid. Editorial Dakontos/Crítica, 1997.

Furman M y De Angelis S. Uso de *tablets* en el nivel inicial. Informe final de investigación. INTEL, 2015.

Furman M y Podestá ME. La aventura de enseñar ciencias naturales. Buenos Aires. Aique, 2009.

García M y Domínguez R. La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel inicial. Propuestas de enseñanza y aprendizaje. Rosario. Homo Sapiens, 2012.

Gellon G, Rosenvasser Feher E, Furman M y Golombek D. La Ciencia en el aula: lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla. Buenos Aires. Paidós 2005.

Gil D y Vilches A. Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Cultura y Educación, 2004; 16(3), 259-272.

Giordan A y De Vecchi G. Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla. Díada, 1995.

Golombek D. Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. Documento Básico del IV Foro Latinoamericano de Educación. Buenos Aires. Fundación Santillana, 2008.

Gopnik A y Meltzoff A. Words, Thoughts, and Theories. Cambridge, MA. MIT Press, 1997.

Gopnik A, Sobel D, Schultz L y Gylmour C. Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. Developmental Psychology, 2001; 37(5), 620.

Gopnik A. Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. Science, 2012; 337, 1623-1627.

Gweon H y Shultz L. 16-Month-Olds Rationally Infer Causes of Failed Actions. Science, 2011; 332, 1524.

Gweon H, Tenenbaum JB y Schulz LE. Infants consider both the sample and the sampling process in inductive generalization. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2010; 107(20), 9066-9071.

Harlen W. The Teaching of Science in Primary Schools. Londres. David Fulton Publishers, 2000.

Harlen W. Teaching, learning and assessing science K-12. London. SAGE Publications, 2008.

Jarvis D. Hacia el jardín de infantes que queremos. Buenos Aires. Aique, 2014.

Kamii C. The importance of thinking. Young Children, 2014, November Issue; 72-77.

Klahr D, Zimmerman C y Jirout J. Educational Interventions to Advance Children's Scientific Thinking. Science, 2011; 333, 971-975.

Kuhn D. What is Scientific Thinking and How Does it Develop? En: U. Goswami (ed.). Handbook of Childhood Cognitive Development. 2.nd ed. Blackwell, 2010.

Kuhn D. Enseñar a pensar. Buenos Aires. Amorrortu Editores, 2012.

Kumtepe E, Kaya S y Kumtepe A. The Effects of Kindergarten Experiences on Children's Elementary Science Achievement. Elementary Education Online, 2009; 8(3), 978-987.

Larkin S. Collaborative group work and individual development of metacognition in the early years. Research in science education, 2006; 36(1), 7-27.

Lave J. y Wenger E. Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation, 1991.

Lemke J. Aprender a hablar ciencia. Buenos Aires. Paidós, 1997.

Levy S y Mioduser D. Does it "want" or "was it programmed to..."? Kindergarten children's explanations of an autonomous robot's adaptive functioning. International Journal of Technology and Design Education, 2008; 18(3), 337-359.

Libow Martínez S y Stager G. Invent to learn: Making, tinkering and engineering in the classroom. New York. CMK Press, 2013.

Melhuish EC. Preschool matters. Science, 2011; 333, 299-300.

Mercer N y Littleton K. Dialogue and the development of children's thinking: A sociocultural approach. London. Taylor and Francis, 2007.

Metz KE. Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. Review of Educational Research, 1995; 65 (2), 93-127.

Metz K. Scientific inquiry within reach of young children. En: Biddle BJ, Godd T y Goodson I (eds.). International handbook of science education, 81-96. London. Springer, 1998.

Metz K. Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. Cognition and Instruction, 2004; 22(2), 219-290.

Ministerio de Educación de Argentina. Cuadernos para el Aula para las áreas de Tecnología y Ciencias Naturales. Nivel inicial y Nivel primario (1.º a 3.er grados), 2006, 2007 y 2016.

Ministerio de Educación de Chile. Programa de Tecnología para el Primer año básico, 2012.

Mioduser D. Learning technological problem solving -cognitive/epistemological perspective. En: Jones A y de Vries M (eds.). Cap. 33. International Handbook of Research and Development in Technology Education. Sense Publishers, 2009.

National Association for the Education of Young Children (NAEYC). NAEYC standards for early childhood professional preparation: Initial licensure programs, 2010. Disponible en: https://www.naeyc.org/caep/standards

Papert S. Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. New York. Basic Books, 1980.

Papert S y Solomon C. Twenty Things to Do with a Computer. Educational Technology, 1972; 12 (4), 9-18.

Perkins D. Making learning whole. John Wiley & Sons, 2009.

Piaget J. Biology and knowledge: An essay on the relations between organic regulations and cognitive processes. Chicago. University of Chicago Press, 1967.

Resnick M. All I Really Need to Know (About Creative Thinking) I Learned (By Studying How Children Learn) in Kindergarten. Ponencia presentada en el Congreso Creativity & Cognition, 2007. Disponible en: http://web.media.mit.edu/~mres/papers/CC2007-handout.pdf

Sackes M. How often do early childhood teachers teach science concepts? Determinants of the frequency of science teaching in kindergarten. European Early Childhood Education Research Journal, 2014; 22:2, 169-184.

Sodian B, Zaitchik D y Carey S. Young children's diVerentiation of hypothetical beliefs from evidence. Child Development, 1991; 62, 753-766.

Sylva K, Melhuish E, Sammons P, Siraj-Blatchford I y Taggart B (eds.). Early Childhood Matters: Evidence from the Effective Preschool and Primary Education Project. London. Routledge, 2010.

Tishman S y Palmer P. Visible Thinking. Leadership compass, 2005; 2(4), 1-4.

Vosniadou S. On the development of the understanding of abstract ideas. En: Harnquist K y Burgen A (eds.). Growing up with science. London. Jessica Kingsley, 1997.

Vygotsky L. Pensamiento y lenguaje. Paidós Ibérica, 2010 (original publicado en 1934).

Zimmerman C. The development of scientific thinking skills in primary and middle school. Developmental Review, 2007; 27, 172-223.

Este libro se terminó de imprimir en el mes
de agosto de 2016
en Grafisur.com, Crespo 3393,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
Argentina.

Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia

La infancia es esa gran etapa de la vida en la que todo está por inventarse. Son años de ojos brillantes, de descubrimiento, de curiosidad a flor de piel. Es una etapa en la que brotan continuamente ideas maravillosas, que, sin pedir permiso, de pronto aparecen y nos abren la puerta a mundos nuevos. Que nos dan confianza en que somos capaces de crear, inventar, entender y transformar lo que sucede a nuestro alrededor. Esas ideas nos hacen sentir que todo está en nuestras manos y nos dan la alegría de saber que somos parte de un mundo en permanente construcción.

Estas páginas invitan a sumergirse en el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico a lo largo de la infancia, considerando la etapa que transcurre entre el nivel inicial y los primeros años de la escuela primaria. Sobre la base de los aportes de la investigación educativa y de experiencias en escuelas y jardines, se proponen estrategias para formar en los chicos una mirada juguetona, fresca e intelectualmente honesta, de disfrute por el aprendizaje y placer por la creación colectiva, que se sostenga toda la vida.

Este documento busca ser un recurso útil para todos los educadores, investigadores e interesados en la formación de los niños, que pueda aportarles ideas, preguntas y ejemplos que ayuden a mirar con nuevos ojos la práctica cotidiana y a imaginar otros caminos posibles.

ISBN 978-950-46-5036-2

Fundación**Santillana**